MANUALI HOEPLI

Ing. EMILIO CORTESE

PLANETOLOGIA

Con 12 figure e 2 tavole

ULRICO HOEPLI
EDITORE LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO

1913

INTRODUZIONE

Dal giorno in cui ho cominciato a fare della geologia pratica, in grande, formando delle carte geologiche, ed esplorando paesi varii, mille dubbi mi hanno tormentato sulla esattezza di certe nozioni e di certi principi, assorbiti nelle scuole, ed accolti integralmente, perchè i maestri me li avevano esposti.

Quando ne aveva raccolti molti, di questi dubbi, cioè dopo circa 25 anni, e circa 10 anni or sono, ho creduto di poter metter fuori le mie idee. Ma temeva di non aver sufficienti elementi per appoggiarle e spiegarle; una nuova evoluzione si presentava nelle scienze fisiche e chimiche, e non ho osato pubblicare ciò che aveva già scritto.

Adesso mi vi accingo; eppure riconosco il mio lavoro manchevole sotto molti rapporti. Per scrivere bene sull'argomento che forma oggetto di questo lavoro, bisognerebbe: aver viaggiato in tutto il mondo, essere un matematico provetto, astronomo, fisico, chimico, vulcanologo, geologo sommo, e di tutte queste scienze conoscere anche le più moderne ramificazioni.

Invece io non ho nessuna di queste qualità, al grado voluto, e solo, per alcune ho cercato di impadronirmi di quella parte che mi è stata possibile, dato che le occupazioni profes-

sionali non mi lasciavano il tempo e la calma necessaria per fare di più, e che le mie attitudini cerebrali non mi consentivano forse di eccellere in nessuna.

Ho cercato di fare il minor numero possibile di ipotesi; invece ho raccolto fatti, osservazioni e calcoli di altri e miei, e ne ho tratto un libro, che per la mole è davvero esiguo, e poco proporzionato forse allo scopo prefissomi di togliere vecchi errori, e dare delle nuove idee di qualche valore, ma che pure ha costato del lavoro.

Probabilmente avrò commesso degli errori anch'io, e principalmente quello di criticare le idee di altri, che mi sono certamente molto superiori per scienza e valore.

Ma se qualcosa di buono vi è, in quello che è detto nel libro, prego chi mi legge a tenermi conto di quello, ed essere indulgente per tutto ciò che è imperfetto, o meno buono, o errato.

EMILIO CORTESE
Ingegnere di Miniere.

INDICE

PARTE I.

PLANETOLOGIA DELLA TERRA

PARTE II.

PLANETOLOGIA COMPARATA

PARTE PRIMA

PLANETOLOGIA TERRESTRE

CAPITOLO I.

LA TERRA

Generalità.

La terra è un pianeta del sistema solare, e gira intorno al sole in 365 giorni e $^1/_4$, circa (precisamente in 365 giorni — 6 ore, 9 minuti e 10,6 secondi) mentre l'anno siderale, che intercede fra due passaggi al medesimo equinozio, è di 2',23'' più corto.

E' il movimento di rivoluzione.

Essa compie la rotazione intorno al proprio asse, in 24 ore circa (23°, 56').

La traiettoria che percorre la terra intorno al sole è una curva ellittica, la cui eccentricità non è grande perchè è solo di 0,01677.

Il semiasse maggiore è di 150,5 milioni di chilometri, e quello minore di 145,5; la media è di 148.

Noi, dell'emisfero boreale, passiamo all'afelio,

ossia alla massima distanza dal sole, nel solstizio d'estate, mentre per l'emisfero australe avviene il rovescio.

La velocità con cui la Terra percorre la sua orbita, è massima al perielio e minima all'afelio, e lo sviluppo dell'ecclittica essendo di 930 milioni di chilometri, la velocità media è di poco inferiore ai 30 chilometri al 1''.

Per il suo moto di rotazione invece un punto situato all'equatore sulla superficie della Terra, percorre, in 1'' 472 metri (velocità massima — la velocità media è $462^{m},963$).

In causa di questa rotazione, la Terra presenta lo schiacciamento ai poli ed il rigonfiamento all'equatore, che furono misurati in molti modi e da molti astronomi.

Le determinazioni del Clarke, nel 1880, avrebbero condotto alle misure seguenti:

Raggio equatoriale	6378284	metri
Raggio polare	6356607	»

Schiacciamento, ossia rapporto fra la differenza ed il raggio medio:

$$\frac{1}{293{,}5 + 1{,}1}$$

Tutte queste misure sono date qui unicamente

per averle presenti quando ad essi ci riferiremo nel seguito di questo scritto.

Il piano dell'equatore terrestre fa un angolo col piano dell'ecclittica, che è di circa 23°.27'. Quest'angolo non è invariabile e va continuamente diminuendo. Abbiamo osservazioni che datano perfino da 1100 anni avanti Cristo (del cinese Tchen Kung) ed allora questo angolo sarebbe stato di 23°.54'; le osservazioni successive hanno dato cifre sempre minori, e recentemente fu determinato che l'obliquità dell'orbita diminuisce di 48" al secolo.

Nel 1900 si calcolava essere 23°.27' .9";
attualmente dovrebbe essere 23°.27' .3".

Questa variazione si spiega con quanto è detto nella parte seconda, per cui un pianeta poco alla volta tende a disporsi coll'asse normale al piano dell'orbita che percorre ossia, ciò che è lo stesso, ad adagiare su questo il suo piano equatoriale. Anche la Terra si avvia dunque a questa fine(1).

Vi dovrebbe corrispondere anche un allungamento nella durata del giorno. Infatti vi è chi calcola che il giorno terrestre al momento in cui la Luna si staccava dalla Terra, doveva avere la durata di 5°.36'.

Il prof. H. G. Darwin, partendo dal fenomeno

(1) Quando ciò è avvenuto, secondo Percival Lowell, un pianeta è *morto*. Se va di questo passo, la Terra sarebbe morta fra 2059 secoli.

di maree e dal rallentamento che, come diciamo altrove, esso induce nel movimento di rotazione, tenendo conto della marea prodotta dalla Luna, forma il seguente quadro:

EPOCA	Inclinaz. del piano equatoriale su quello dell' orbita	Giorno siderale in ore di tempo medio	Rivoluzion. siderale della luna in giorni medii	Distanza dalla luna in raggi terrestri
Attuale	23°.28′	23ore.56′	27,32	60,4
46.300.000 anni fa	20°.40′	15ore.30′	18,62	46,8
56.600.000 » »	17°.20′	9ore.35′	8,17	27,0
56.800.000 » »	15°.30′	7ore.50′	3,59	15,6
56.810.000 » »	14°.25′	6ore.45′	1,58	9,0

E continuando il calcolo, arriva alla durata del giorno di 5.ore 36′ al momento in cui la Luna si staccava dalla Terra. Ma, certamente, se avesse posto a calcolo anche la marea indotta dal Sole, avrebbe trovato una durata molto minore per il giorno terrestre.

Saremmo dunque, anche sulla Terra, in presenza della conferma di quanto si è detto nella Parte Seconda; il pianeta ha rallentato il suo movimento di rotazione, ossia il giorno si è sensibilmente allungato.

Variazioni sensibili abbiamo ancora nella distanza di tempo che intercede fra il passaggio della Terra ai punti equinoziali, per cui abbiamo quella che si chiama « *precessione degli equinozi* » che è di 50″,3. Altra variazione si ha nello spostamento del punto di perielio, nel senso diretto del movimento della Terra.

Poco alla volta il perielio si avvicina all' equinozio di primavera e precisamente di 62″ per anno. In 21000 anni si ha un giro completo, e siccome nel 1250 dell' êra volgare, il solstizio di inverno coincideva col perielio, nel 6475 avremo che questo coinciderà coll'equinozio di primavera.

Questo genere di variazioni non ha influenza, però, sulla vitalità del pianeta o, almeno, non ha influenza sensibile.

La precessione degli equinozi è citata come prova della rigidità della Terra (vedremo quante prove abbiamo che la crosta, per lo meno, è ben lungi dall'esser rigida).

Si è molto discusso, negli ultimi tempi, della forma che va prendendo la Terra, e si è parlato della tendenza che essa ha a divenire un tetraedro, basandosi sulla forma dei continenti emersi, sulla concentrazione delle terre emerse in prevalenza nell' emisfero boreale e forma più o meno puntuta dei continenti e terre, nell' emisfero australe.

Questa idea che molti coltivano attualmente, non ci attira. Per le leggi di gravitazione e di simmetria la Terra deve, a nostro parere, mantenere una forma di solido di rivoluzione, più o meno perfetto, si capisce, ma sensibilmente tale. Se non lo avesse avuto all'origine, avrebbe dovuto prenderla poco a poco, specialmente essendo la superficie, in gran parte, coperta dalle acque.

Noi crediamo che una influenza sulla distribuzione delle terre emerse, nei due emisferi, vada piuttosto cercata nel fatto che l'emisfero australe è quello che è rivolto al Sole quando la Terra si trova al perielio. Questo emisfero risente l'azione del sole, come attrazione e per gli effetti di marea, con una intensità di $\frac{5}{150}$, ossia $\frac{1}{30}$ più forte della corrispondente azione che risente l'emisfero boreale, il quale è rivolto al Sole quando la Terra è all'afelio, ossia alla massima distanza (1).

Nel capitolo in cui si parla delle maree (VIII) e parlando di Marte (Parte II) ritorneremo su questo argomento. Per ora basti il dire che siamo contrari all'idea che la Terra tenda a prendere la forma tetraedrale. Non hanno preso forma

(1) Anzi, le attrazioni essendo inversamente proporzionali ai quadrati delle distanze, l'emisfero australe risentirà quelle azioni in ragione di 1,07 mentre il boreale le risentirà in ragione di 1, ossia di $^1/_{15}$ meno intense.

poliedrica neanche Venere e neanche Mercurio, che pure sono pianeti tanto più vicini al Sole, e che hanno compiuto la loro evoluzione.

Più importante è il fenomeno dello schiacciamento ai poli.

Noi abbiamo molte testimonianze e calcoli di scienziati sommi, che ci dicono che la Terra non ha una rigidità assoluta e che, anche se avesse quella del vetro e dell'acciaio, dovrebbe presentare lo stesso schiacciamento. Lord Kelwin dice che la Terra ha una rigidità che sta fra quella del vetro e quella dell'acciaio.

Calcolando che la Luna, per il fenomeno di marea, ha una azione che sta a quella del Sole, come 5 a 2, sappiamo che nelle sizigie avremo una azione equivalente a 7, e nelle quadrature una equivalente a 3.

William Thomson (Lord Kelvin), Pratt, G. H. Darwin, hanno osservato che, se la Terra fosse un globo di materia cedevole la superficie dovrebbe sollevarsi, nel caso di massima influenza, cioè di congiunzione del Sole e della Luna, di metri 2,062.

Corrispondentemente di $^2/_3$ ossia precisamente di 1,237 se fosse un globo di acciaio, e di 0,686 (Thomson dice $^2/_5$) se fosse di vetro.

Misurando con un apparato Hecker a pendolo orizzontale, i movimenti della superficie della Terra, si è trovato che l'ampiezza delle varia-

zioni nel movimento del pendolo, durante un giorno lunare, era eguale ai $^2/_3$ di quella che si doveva trovare se la Terra fosse stata completamente rigida (1).

Appunto il Darwin, sopracitato, nel 1884 calcolò che il cedimento della superficie terrestre, sotto l'effetto della attrazione lunare era corrispondente ai 0,676 della rigidità assoluta. Quindi la rigidità della Terra equivaleva ai $^5/_5$ della rigidità dell'acciaio.

A parte le lente variazioni di latitudine, ossia lo spostamento della posizione dei poli sulla superficie terrestre, di cui si interessano tutti i governi con osservatori speciali, e che sono assai piccole ma irregolari, riteniamo indubitato che la posizione dei poli sulla Terra si sia cambiata ripetutamente (Cap. III).

Veramente dovremmo dire che si è cambiata la posizione della massa terrestre intorno all'asse di rotazione, dato che questo, salvo il suo piccolo e lento cambiamento di inclinazione sul piano della eclittica (tendendo ad avvicinarsi alla verticalità), mantiene il suo parallelismo con sè stesso, diciamo così. Diverso invece è il movimento cui acceniamo, che è di altro genere, e che si deve esser verificato più volte, in modo relativamente brusco, e per salti di molti gradi ogni volta.

---

(1) Veggasi: « *The Nature* ». Vol. 81 - N. 2085, pag. 457.

Specialmente quelli che ammettono che la Terra sia passata per uno stato di fluidità, in cui era liquida, devono accettare questa idea, pensando che altrimenti essa dovrebbe essere una vera focaccia.

La cosa scaturisce naturalmente dalla teoria stessa di Laplace. Le varie masse di materia cosmica si sarebbero formate ad anelli, dai quali si staccavano i pianeti, dalla massa del sistema solare, prima, e poi i satelliti dei vari pianeti.

E ciò perchè la rotazione intorno ad un asse genera lo schiacciamento della massa.

Specialmente quando la Terra girava intorno a sè stessa in 5.ore 36′ od in meno, specialmente se era allo stato di nebulosa o allo stato fluido, doveva enormemente rigonfiare all'equatore e schiacciarsi ai poli! E ciò tanto vero, che si ammette che allora se ne sia staccata la Luna.

Prima che la terra prendesse l'attuale semirigidità, di cui abbiamo parlato, se la posizione relativa della sua massa rispetto all'asse polare non avesse mai cambiato, essa si sarebbe certamente schiacciata molto di più.

Gli scienziati che vi hanno posto mente e che hanno fatto i calcoli e gli esperimenti relativi, ci dicono che basta l'attuale velocità periferica di rotazione perchè in un globo di non assoluta rigidità, come è la Terra adesso, si generi lo schiacciamento attuale.

L'attuale posizione dei poli è dunque venuta dopo un assetto relativamente recente, e ne parleremo più diffusamente, precisandolo quando parleremo delle epoche geologiche (V. Cap. IV).

Intanto resti assodato come, a somiglianza di quello che accade in un pezzo di argilla plastica che noi giriamo fra le mani e su cui, per dare la forma sferica esercitiamo una pressione in tutti i sensi, girandolo e rigirandolo, così il nostro pianeta si può presentare poco differente da una sfera perfetta, perchè più volte ha cambiato la posizione della sua massa, rispetto all'asse di rotazione.

Il volume totale della Terra è di:

1 075 000 000 000

chilometri cubici.

Il suo peso, in cifre tonde $= 6 \times 10^{21}$ tonn.

Se la crosta occupasse $^1/_{30}$ del suo volume e corrispondentemente $^1/_{65}$ del suo peso, si farebbe presto a calcolarne il volume ed il peso; ma trattandosi di cifre ipotetiche date da qualcuno, non ci soffermiamo su di esse.

Sulla crosta abbiamo delle acque, la massima parte salate, la cui densità media non supera 1,03.

Si è calcolato ad un massimo di 1600 milioni

di chilometri cubici l'acqua che sta sulla Terra; R. S. Woodward dà 1269 milioni.

Van Hise dà, per tutta l'acqua della Terra un peso di:

1 322 355 000 000 000 000 tonnellate

il che, data la densità media di 1.3, corrisponderebbe a poco più di

10^{18} metri cubi, in volume.

Si avrebbe in ogni modo che l'acqua rappresenta, al massimo:

in volume 0.10 % del globo terrestre
in peso 0.0225 % di quello della Terra.

CAPITOLO II.

LA CROSTA TERRESTRE

§ I. — **Costituzione.**

Che la Terra sia stata un globo di materia allo stato liquido, cioè in fusione, è cosa che tutti hanno ammesso finora. Anche nell'ipotesi che essa, come tutti gli altri corpi celesti, si sia formata per l'agglomerazione o concentrazione di materia cosmica, che si trovava allo stato di nebulosa, si è detto che l'avvicinarsi rapido delle varie particelle, anzi veramente, il precipitarsi di esse sul nucleo che andava mano a mano ingrossando, ha creato tale somma di calorie, da elevare la temperatura della materia, a quella per cui essa doveva esser fusa.

Lo Schwarz (1), come si accenna nella se-

(1) E. H. L. Schwarz — Causal geology — pag. 35. Blackie and Son Ld. Glasgow, 1910.

conda Parte ammette che da una delle due spirali di materia cosmica, originatesi dopo il *fracassamento* del Sole già solido, una certa massa sia stata distratta, ma non tolta, dal passaggio vicino ad un corpo celeste assai grande, e questa massa sia divenuta la Terra che, per un movimento combinato, è rimasto un satellite del Sole residuale.

Ma essa era ancora solida, e lo Schwarz ricorre al *bombardamento* di meteoriti, per spiegarne il suo passaggio allo stato liquido, di fusione. A lui la responsabilità di queste idee!

Non vogliamo entrare in aperta opposizione con tutti i predecessori che hanno dunque ammesso che la Terra è passata per uno stato di fusione. A noi pare che essa possa essere stata bensì formata da un' agglomerazione di materia cosmica, anzi della *materia unica* (chimicamente parlando) che fu l' origine di tutto, ma che non sia necessario spiegare il fenomeno del calore, se lo ebbe fortissimo alla superficie, che ora si manifesta qua e là, sotto alla così detta crosta, colla trasformazione dell'energia meccanica, prodottasi per un *precipitarsi* di particelle verso un nucleo che mano a mano andava aumentando di dimensioni.

Seguiamo il ragionamento dei fautori dello stato iniziale fluido della Terra. Vedremo in altro capitolo, in cui parleremo delle maree, l' effetto

che l'attrazione del Sole e della Luna, dovevano esercitare su questo globo fluido.

Secondo essi, mano a mano che la superficie si andava raffredando, la materia fusa si rapprendeva in croste solide, e queste furono costituite da quelle roccie che ancora adesso crediamo rappresentare la più antica parte della crosta terrestre, cioè dai gneiss e dai micascisti.

Qualcuno ha usato la espressione di « *Scorie* » per questi primi prodotti di consolidamento della materia fusa, ma veramente gli scisti cristallini e gli gneiss, dell' epoca che fu detta dai geologi « *arcaica* », non hanno niente che ricordi la struttura di una scoria qualunque.

La scoria è bollosa, irregolare, manifesta chiaramente la sua origine da una materia in fusione, più o meno rapidamente coagulata (*figée* come dicono i francesi) col relativo sviluppo di gas e vapori racchiusi nella massa, che ne hanno originato la irregolarità di grana e di agglomerazione, che i francesi ancora, meglio definiscono con una sola parola, *rochage*, di cui noi non abbiamo l'equivalente.

Niente di tutto questo negli gneiss e nei micascisti, anzi, la loro struttura cristallina ed il contenere veri e propri cristalli, perfetti, non solo dei minerali principali che li costituiscono, ma anche di quelli accidentali, male si concilia colla origine che si vuol dar loro. Infatti, dal consoli-

damento di una materia litoide fusa, abbiamo in genere un vetro o uno smalto. Se rifondiamo uno gneiss, ne ricaviamo una materia amorfa e non cristallina.

Ma ammettiamo pure che il raffreddamento della materia fusa fosse tanto lento da permettere il formarsi in essa di cristalli diversi per i varii minerali, ma adattati fra loro in modo da costituire le roccie cristalline quali le vediamo.

Movimenti varii, fra i quali non dovevano essere estranei quelli di marea, come diremo a suo tempo, disturbavano l'omogeneità di queste croste che si formavano sulla superficie della Terra, prima come isolotti indipendenti, poi, mano a mano che il raffreddamento continuava, come una pellicola uniforme.

L'isola poteva spostarsi, galleggiando sul magma fuso, finchè era piccola, ma quando divenne più estesa, e tanto più quando si formò una vera pellicola, le rotture dovevano esser frequenti, e attraverso ad esse si iniettava la materia fusa, penetrando nelle fratture ed espandendosi all'esterno. Cosi si ebbero quelle intrusioni, e quelli espandimenti di graniti e granuliti, di dioriti, anfiboliti, ecc., ecc. in cui la cristallinità non manca, ma per il più affrettato consolidamento, è controdistinta da minore perfezione e minori dimensioni, più confusa mescolanza dei cristalli dei minerali costituenti.

Finalmente la crosta di queste roccie divenne generale, la pellicola cioè divenne crosta, che inviluppò tutta la Terra, dicono i cosmogoni, e noi non possiamo che provare un sentimento di sollievo quando arriviamo a considerare il momento in cui la superficie della Terra non era più liquida, ma solida.

Noi che non crediamo al fuoco interno, al nucleo fuso e simili cose, siamo dolenti di non poter emettere una completa e documentata teoria sullo stato e costituzione della Terra ai primordi della sua vita; ma sentiamo una reticenza profonda ad accettare ad occhi chiusi la ipotesi dello stato di fusione generale, e conseguenti ragionamenti, e quindi anche certi assiomi fondamentali della teoria di Laplace, la quale, del resto, da molti è discussa o rigettata.

Alcuni geologi dicono che noi non vediamo, nè possiamo vedere le roccie primitive che formano la parte più bassa della crosta terrestre, e che esse sono state completamente trasformate, da azioni metamorfizzanti, causate dal calore interno e dai successivi movimenti della crosta terrestre. Ammettiamolo pure.

Rimane sempre che, per noi, il terreno più profondo, nella serie che costituisce la crosta terrestre, è quello rappresentato da scisti cristallini e da gneiss più o meno granitoidi. E' il terreno che fu detto *primitivo* o *arcaico*, e che an-

che si chiamò *azoico*, perchè mai, nelle roccie che lo costituiscono, si trovarono indizi di resti organici.

Era diviso una volta in *Uroniano* e *Laurenziano*; le denominazioni più recenti sono quelle di *Keewatin*, per le formazioni a *facies* scistoso, *Laurentian*, per le formazioni a *facies* granitico. Sono denominazioni date dai geologi dell'America del Nord e del Canadà, le terre dove quei terreni hanno maggior estensione, e aspetto più caratteristico.

Al terreno primitivo, si facevano seguire immediatamente i terreni paleozoici, cui membro più basso era considerato il *Cambriano*.

Più recentemente fu introdotta la denominazione di *Algonkian* (Algonchiano) per una serie di terreni, già formati col rimaneggiamento delle roccie preesistenti, in cui si sono iniettate e interposte delle roccie di origine ignea od eruttiva, ma nella quale non si può escludere la presenza di resti organici, per quanto primitivi, obliterati o, in parte, indeterminabili.

Sopra all'Algonchiano comincia la vera serie dei terreni sedimentari fossiliferi, cosicchè anche nel membro inferiore della serie troviamo fossilizzati degli organismi che appartengono già a livelli abbastanza elevati nella scala geologica.

Comunque sia, quando cominciò il periodo algonchiano, l' acqua esisteva già alla superficie

della Terra. Da alcuni si vuole che fosse ancora calda, perchè la crosta terrestre lasciava ancora passare il calore dalla parte fusa inferiore, ma non lo era tanto da non permettere la vita.

Nel periodo cambriano, e nei successivi tanto più, la temperatura delle acque non doveva essere superiore a quella attuale, salvo le differenze per le varie latitudini, perchè la fauna e la flora fossile, che si trovano, non indicano una termicità speciale nell'acqua o nell'aria.

Percival Lowell, lancia un guanto di sfida ai geologi, dice lui nella sua « Evolution of World » (1). Sostiene che fino all'epoca carbonifera la Terra era inviluppata di vapori densissimi, ciò che la manteneva calda, impedendo il dispercimento di calore. Per causa di tale atmosfera di vapori, mancava la luce del Sole, e perciò troviamo le felci arboree, fra le piante fossili del carbonifero, ed i trilobiti ciechi fra i crostacei fossili, che sono già organismi elevati, nel cambro-siluriano!

Il Lowell non pensa che le felci arboree le abbiamo ancora adesso nelle foreste tropicali, analoghe a quelle che nel carbonifero hanno dato quelle piante fossili, e che i trilobiti erano ciechi, o quasi ciechi, perchè vivevano ficcati nella

(1) Percival Lowell - The Evolution of World - pag. 178. Macmillian Cy. New York, 1910.

melma dei bassi fondi, come adesso troviamo le talpe con occhi rudimentali, e i coleotteri delle caverne ciechi, quantunque si tratti di organismi molto più elevati di quelli dei bilobiti e trilobiti!

Dall'Algonchiano in poi, dunque, la crosta terrestre fu ricoperta, in parte, dalle acque.

I depositi che hanno successivamente contribuito ad aumentare esternamente lo spessore della crosta terrestre, sono stati formati in seno alle acque, e formati con prodotti del disfacimento dei materiali preesistenti.

Vedremo in altro capitolo lo spessore dei depositi ascritti alle varie epoche geologiche, e la durata che alcuni geologi ascrivono a queste.

Vogliamo solamente marcare qui qualche caratteristica speciale dei materiali che hanno contribuito a dare alla parte esterna della crosta terrestre, il suo spessore e la sua costituzione.

La massima parte di questi materiali fu depositata in seno alle acque, ma con materiali che sono stati strappati alle roccie preesistenti e rimaneggiati.

La quantità di materia che costituiva dunque la crosta terrestre, al momento in cui vi si allogarono le acque, non ha diminuito. Come volume, anzi, deve essere aumentato perchè, mentre le roccie arcaiche che conosciamo, hanno delle densità che superano sempre, e di molto, il 2, arrivando per certe roccie al 3, i depositi sedi-

mentari di poco superano il 2 (calcari e simili) e talora sono inferiori (argille, tufi, ecc.).

Sappiamo che quarziti, anageniti, arenarie, vengono dal disfacimento di roccie granitiche, o simili, e specialmente dalle parti quarzose di esse, mentre le argille vengono dalle alterazioni delle parti feldispatiche delle stesse roccie, e che per speciale meccanismo idraulico questi materiali si sono radunati separatamente da quelli quarzosi.

Ma il calcare, che pure forma una quota prevalente dei depositi sedimentari, non può provenire che in parte dalla alterazione di quelle roccie; la massima parte non può venire che dal disfacimento di altri calcari.

I calcari sedimentari sono quasi tutti zoogenici; organismi minuti si impossessano delle particelle calcaree sospese nell'acqua e le riuniscono per formarne depositi che, nell'epoca secondaria specialmente, furono enormi. Questo può provare che la durata di quell'epoca e dei singoli periodi che la costituiscono, fu enorme, ma lascia sempre aperta la domanda: da dove è venuto tutto quel calcare?

Fra i depositi algonchiani abbiamo delle esili lenti di calcare, ma questo è già formato a spese di calcari preesistenti, perchè e subacqueo e zoogenico come i posteriori calcari.

Tutti questi calcari sedimentari provengono dunque da calcari dell'epoca arcaica o azoica, e

infatti noi troviamo, nei terreni cristallini, ossia arcaici, non solo masse enormi di cipollini, ma anche di veri calcari, e basta percorrere le montagne che sovrastanno a Messina, per vedere quale enorme proporzione di calcari cristallini sta a formare quella zona montuosa, principalmente formata di gneiss e micascisti. Lo stesso abbiamo nella Calabria Meridionale, in America, ecc., ecc.

Dato che la crosta terrestre fosse stata fusa, sembrerebbe impossibile che del calcare vi si fosse potuto trovare allo stato di fusione, e rapprendersi senza decomporsi pel riscaldamento.

Noi sappiamo però che il calcare chiuso in modo che il suo acido carbonico non si disperda, può fondersi come uno smalto, e così racchiuso fra la grande massa di materia cristallina in fusione, potevano benissimo esistere delle bolle di calcare concentratovi allo stato liquido, e poi consolidato, senza decomporsi. Allo stesso modo che il carbonio delle grafiti, isolandosi nella massa fusa (se fusa era) dei micascisti, si è consolidato, senza ossidarsi, ossia senza bruciare.

Noi non invocheremo dunque questo argomento per sostegno delle nostre idee, contrarie alle ipotesi che la Terra sia passata per un periodo di completa fusione.

Posteriormente alla prima formazione arcaica della crosta, e contemporaneamente al suo rima-

neggiamento sedimentario con aumento di volume, hanno contribuito alla sua formazione, le roccie eruttive di varie epoche.

E' un contributo non certo trascurabile, perchè, in certe regioni specialmente, le carte geologiche ci mostrano larghe macchie rappresentanti le roccie eruttive antiche e moderne.

Queste roccie vengono dall'interno della crosta, anzi, secondo alcuni, da *sotto alla crosta*, dal nucleo interno; hanno una densità che supera quella delle roccie sedimentarie ed è paragonabile a quella delle roccie arcaiche e cristalline.

Quello che si vede, rappresenta principalmente colate che hanno ricoperto precedenti formazioni e sono superficiali; vi sono però roccie eruttive racchiuse o intercalate fra i depositi sedimentari; in totale, il volume delle roccie eruttive, non è enorme, rispetto a quello dei terreni sedimentari, ed è piccolissimo rispetto a quello delle roccie arcaiche; non è però trascurabile, di certo.

§ II. — Ingrossamento della crosta.

Un contributo allo spessore della crosta terrestre è portata dagli spazii eterei, sotto forma di meteoriti e di polveri meteoriche.

Alcuni danno ad essi importanza ben superiore a quella che noi siamo disposti ad ammettere.

Lo Schwarz (1) dice che la Terra era piccolissima in origine, e furono i bombardamenti di materia meteorica che, oltre al metterla in fusione, ne portarono la massa al valore attuale.

Le polveri meteoriche sarebbero il prodotto della condensazione di vapori, generatisi per l'enorme riscaldamento che subiscono gli aeroliti nell'attraversare l'atmosfera terrestre.

Le meteoriti si muovono con velocità che furono valutate, fra un minimo di 20 ad un massimo di 165 chilometri al 1''. La Terra si muove con una velocità di 30 chilometri circa al 1'' e la sua attrazione sulle meteoriti, che entrano nella sua sfera di attrazione, induce in esse un aumento di velocità di 10 chilometri, al momento in cui cadono al suolo.

Un corpo che si muova nell'atmosfera di media densità, colla velocità di m. 37.5 al 1'', aumenta la sua temperatura di 1°, per lo sfregamento dell'aria; questo aumento cresce col quadrato della velocità, talchè se questa raggiunge i 6000 metri al 1'', il calore sviluppato produce un aumento di 1000°.

Alle velocità sopraccennate, la materia delle meteoriti raggiunge tali temperature, da volatilizzarsi.

Si ammette che 7.500.000 di aeroliti abbastanza

(1) Loc. cit.

brillanti e grandi da esser vedute ad occhio nudo attraversino l' aerosfera, ogni 24 ore, e che tal numero possa elevarsi a 400000000, se si comprendono quelle visibili col telescopio.

Non tutte cadranno sulla Terra, perchè alcune entreranno nella sfera di azione di esse, e ne attraverseranno l'atmosfera, ma potranno riuscirne. La maggior parte cadono sulla Terra ed è ventura che si vaporizzino, perchè una tal pioggia sarebbe pericolosissima per i nostri abitati e per le grandi città! Fortunatamente, anche i pochi bolidi e aeroliti caduti sul suolo, e conosciuti, hanno avuto l' avvertenza di cadere in aperta campagna.

Ma polveri cosmiche certamente si depositano sulla superficie terrestre; si trovano sulle nevi alpine, se ne sono raccolte in cima a torri e campanili; le più convincenti sono quelle raccolte da Nordenskiöld, allo Spitzberg o in Groenlandia, dove certo non si può credere fossero polveri portate dal vento.

Tutte risultano formate da globuli di ossido di ferro magnetico, circondati da un involucro di ossido di ferro. Quelle trovate in Groenlandia però, contenevano nichelio e cobalto, e quelle trovate in Siberia da Marx, egualmente.

Nordenskiöld anzi dice di aver trovato che il nucleo dei chicchi di grandine, raccolti in certi casi a Stoccolma, era un granellino di polvere meteorica contenente anche carbonio.

Egli ne ha raccolto sui ghiacci dello Spitzberg da 0.1 a 1 milligrammo per metro quadro, e crede che la quantità annua caduta sia molto maggiore. Basta però 1 milligrammo per metro quadro all'anno, per farne 510.000 tonnellate (1).

Arrhenius invece calcola che ne cadono sole 20.000 tonnellate all'anno sulla Terra e siccome il peso di questa è di $P = 6 \times 10^{21}$ tonnellate, l'aumento di peso e di volume arrecato alla crosta delle polveri meteoriche è ben minimo (2)

Dobbiamo dunque calcolare come trascurabile il contributo che gli spazi celesti arrecano allo spessore della crosta terrestre.

Secondo alcuni, e specialmente secondo le vecchie idee, un ingrossamento della crosta terrestre dovrebbe venire dall'interno. Il nucleo interno, raffreddandosi, lascerebbe un nuovo strato solido appicciccato alla crosta già esistente.

Sarebbe una specie di *rinzaffatura*, più o meno continua, che la crosta riceverebbe dall'interno.

E' vero che, d'altro canto, vi sono quelli che

---

(1) Alle polveri meteoriche che cadono sul mare si attribuisce il color « *crema* » del deposito dei mari profondi, della melma calcarea, detta *il plankton*. Osserviamo però che nei calcari, giuresi, specialmente, troviamo dominante questo colore crema, talora, anzi, come nell'oolite delle Alpi Marittime molto carico, ma che corrispondentemente, i calcari del Lias inferiore, e calcari cretacei, sono caratterizzati del colore bianchissimo. Dove sono andate le polveri meteoriche cadute sulla superficie del mare, mentre si formavano quei calcari?

(2) Tanto più che il peso specifico medio delle meteoriti è di 3.69 mentre quello della Terra è di 5.60.

ci dicono che i terremoti sono causati dal distacco di chilometri cubici di crosta, che dalla parte interna si staccano dalla crosta già solida, per ricascare nel caldaione di roba liquida che rappresenterebbe il nucleo del pianeta.

Per questi ultimi dunque, il pianeta è formato: da un nucleo fuso, da una crosta solida, con una *intercapedine* fra i due, attraverso alla quale cadono delle parti della crosta.

E intanto non spiegano come l'urto alla enorme massa interna fusa che deve esser lievissimo perchè ben piccola rispetto a questa può esser la massa caduta, si trasmette con tante disastrose conseguenze, di nuovo alla crosta, da cui il nucleo è, per di più, separato dalla suddetta intercapedine!

A suo tempo faremo ragione anche di tutte queste teorie ed idee stranissime, che pure sono emesse, non da soli profani, ma perfino da geologi.... il che è tutto dire!

Adesso osserviamo solo una cosa.

La densità media delle roccie costituenti la crosta terrestre, anche volendo prendere le cifre massime adottate da qualcuno, è di

2.65

quella della Terra, media è valutata:

5.60 (o 5.61)

per cui quella del nucleo, dando alla crosta come alcuni lo vogliono, uno spessore di 100 chilom., viene dal calcolo:

5.72

Cosa se ne deduce?

Che tutte le volte che il nucleo, raffreddandosi, depone un nuovo strato di crosta, questo occupa un volume molto maggiore di quello che occupava la stessa materia quando era fusa, e quindi il diametro della Terra deve aumentare; la crosta esterna dovrebbe subire una pressione dall'interno, che la obbliga a dilatarsi, per far posto al nuovo *rinzaffo*.

E risalendo alla prima crosta, ne viene che la Terra fusa, raffreddandosi, deve aver continuamente aumentato di diametro, e non diminuito, come si dice.

Per la Terra, almeno, dobbiamo dichiarare che la vecchia idea, e la vecchia espressione che essa, da fusa che era si è raffreddata, rimpicciolendosi col formare la crosta, è assolutamente assurda.

Dato che la Terra fosse allo stato fuso, formando la crosta, e fino che la crosta si ingrosserà a spese del nucleo, *ha aumentato ed aumenterà di diametro.*

L'abate Moreux, il visconte du Ligondès, e prima di essi Daubrée, Elie de Beaumont, e altri, hanno provato a riprodurre le linee di frattura

della superficie dei pianeti, col sistema di far diminuire di diametro un palloncino di gomma, ricoperto di un velo di cera, facendone uscire un poco di gas.

L'involucro di cera si raggrinzava in mille modi ma, nè per la Terra, come cercava Elie de Beaumont, nè per Marte, come cercavano Daubrée, Moreux, du Ligondès, le linee avevano niente di comune cogli allineamenti che presenta la crosta di questi pianeti, e neanche quella di Mercurio o di Venere.

I due ultimi scienziati pensarono allora di rivestire dei globi di una materia non dilatabile e poi di farli rigonfiare. Uno prese un palloncino di gomma e lo ricoprì di cera, l'altro una sfera di gesso, che coprì di argilla plastica che fece seccare, poi: l'uno mise il palloncino sotto alla campana di una macchina pneumatica, e l'altro mise la sfera in un forno; così i diametri delle sfere aumentarono, anzichè diminuire. Le screpolature ottenute formavano un reticolato avente le stesse caratteristiche di quelle che le fratture, i canali, o le faglie, presentano sulla superficie di Mercurio, di Marte, della Terra.

Così è, nè altrimenti poteva essere, e meglio lo spiegheremo in altri capitoli.

§ III. — Spessore della crosta.

Lo spessore della crosta è ignoto.

Pratt si è basato sulla ipotesi di Laplace, che in un globo come il nostro, la densità debba crescere come la radice quadrata della pressione, ed arrivò ad ammettere una densità, per il nucleo, di 10.74. In tal modo, per ricondurre la media densità del pianeta, a 5.65, ne veniva uno spessore enorme per la crosta.

Waltershausen invece, ha calcolato la densità del nucleo supponendo che la densità stessa sia in ragione inversa del quadrato della distanza dal centro. Così arrivò a dare al nucleo quella di 9.59, per cui anche egli deve dare alla crosta uno spessore grandissimo.

Il Dutton, Giorgio Darwin, Marchand, il professor Luigi de Marchi, considerando che la Terra non è omogenea, ammettono che le deformazioni della sua parte esterna cessano ad una certa profondità, dove regna l'isostasi. A questo punto finisce la crosta e comincia il nucleo.

L'equilibrio di questa crosta eterogenea si ha con un trasporto o circolazione naturale di materia, per cui, dove è materiale di poco peso specifico, si ha accumulo e quindi sollevamento, con produzione di continenti, mentre dove si hanno materiali molto densi, la crosta si deprime.

Questa teoria porterebbe poco alla volta, ad avere, sul fondo dei mari, solamente graniti, diabasi, e roccie pesanti, e nei continenti sole argille!

Fatto è che questi scienziati trovano che l'isostasi si raggiunge a 100 chilometri di profondità; ed in ciò concordano con molti altri che hanno supposto, come abbiamo indicato poco sopra, che lo spessore della crosta terrestre sia di 100.000 metri.

Lo Schwarz, già citato, fa una media fra le idee di varii geologi e scienziati che si sono occupati della materia, e trova che la crosta deve rappresentare $^1/_{30}$ del volume del globo e $^1/_{65}$ del suo peso, ciò che corrisponde ad uno spessore di 72 $^1/_2$ chilometri (1).

Certo lo spessore deve esser minore di quello calcolato dal Pratt e dal Waltershausen.

Noi escludiamo l'esistenza del nucleo fuso. Per noi, esso è costituito dalla materia primitiva, *unica,* rappresa e riunita.

La crosta non è che il prodotto di alterazione della materia unica, delle combinazioni prodottesi fra i molteplici corpi semplici (*semplici per noi e*

---

(1) Lo Strutt (On Radium in the Earth's crust, and the Earth's internal heat) dice che conoscendo la quantità di radio esistente sulla superficie della crosta, (5×10^{-12} grammi per centimetro cubico) e dovendo tale quantità esser nulla (?) al contatto fra la crosta ed il nucleo, lo spessore della crosta risulta appunto di 45 miglia inglesi, pari a 72.5 chilometri.

finora) che si sono individuati e si individuano nella materia unica. E' una specie di fermentazione, avvenuta sulla materia unica, quando essa si era già consolidata formando i pianeti: Mercurio, Venere, Terra, Luna, e altri minori, per cui tutti questi presentano una crosta più leggera del nucleo.

Lo spessore della crosta, secondo le nostre idee, non è uniforme o, per meglio dire, non ammettiamo che il nucleo sia una sfera perfetta. La crosta è più grossa là dove quella *fermentazione* si è spinta più profondamente, ed è meno spesso in altri punti, nei quali il nucleo, rigido e pesante è così molto più vicino alla superficie.

Le osservazioni sismografiche hanno permesso di stabilire quel'è lo spessore della crosta terrestre, presa nel vero senso che noi intendiamo.

La velocità di propagazione delle onde sismiche è costante per distanze superiori a 1000 chilometri, ed è di 14 chilometri al 1″ circa. Per distanze minori, tale velocità si riduce a 3 chilometri. Ne consegue che la massa centrale del globo deve essere costituita da un materiale pesante e di uniforme costituzione, avente una rigidità doppia di quella dell'acciaio, e in tutto ben diverso della crosta che è di costituzione eterogenea e più leggera.

In base a tale velocità di propagazione sismica, Milne ha calcolato per la crosta uno spessore

di 50 chilometri. L'arco di 1000 chilometri corrisponde a 9°; la sua saetta è di 20 chilometri circa; è logico ammettere che, circa alla metà di questa profondità, cioè a 10000 metri, si abbia al contatto fra la crosta e il nucleo, cioè, come noi diciamo, fra il materiale di alterazione della materia unica ed il nucleo (non fuso, nè incandescente) di questa materia, rigida (1).

Il D. C. Davison, dopo il terremoto del 1897, nell' India, ha calcolato che il tratto di crosta terrestre scosso da quello, aveva 7000 miglia quadrate di estensione e 5 miglia (8 chilometri circa) di profondità.

Il valore di *g* (coefficiente dell' accelerazione della gravità) è per noi un forte indizio per giudicare dello spessore della crosta terrestre. Dove esso è maggiore del normale, è segno che la massa interna di maggior densità, è più vicina alla superficie e la crosta è più sottile.

---

(1) In una conferenza « *Sulle fratture geologiche della regione Calabro-Sicula* », dopo il terremoto del 1908, lo scrivente ebbe a dire che, basandosi su certe sue osservazioni, e sul valore del coefficiente g, della gravità, egli calcolava che lo spessore della crosta terrestre, sotto allo stretto di Messina, doveva esser inferiore ai 10 chilometri.

Il Prof. E. Oddone, dell'Ufficio Centrale Geodinamico, (Calcolo provvisorio della profondità dell'ipocentro del terremoto Calabro-Siculo del 28 dicembre 1908: Rendiconti R. Accademia dei Lincei, 1909) calcolando col metodo del Kövesligethy trovò la profondità dell' ipocentro del terremoto del 1908 di 9 chilometri. Il Rudsky, col suo metodo, trovò per quello del 1905, nella stessa regione la profondità di 7 chilometri. Il Mallet per quello del 1857, ha trovato 10 chilometri, sotto alla Basilicata ed al Cilento.

Il Prof. Riccò, dell'Osservatorio di Catania, ha trovato che il valore di g, che è normale alla sommità dell'Etna, sugli Apennini, e al Nord di Napoli, cresce mano a mano che lo si determina in punti più vicini al mare, e lungo lo stretto di Messina acquista un valore molto forte.

Anormalità nel valore della gravità si riscontrano nelle regioni instabili, e traversate da fratture geologiche.

Si è trovato, per il Pacifico, che il valore della gravità, sul mare, era più forte del normale, e per l'Atlantico, Hecker ha constatato brusche variazioni di quel valore, in corrispondenza dei bruschi cambiamenti di livello, nel fondo dell'Oceano, quali il passaggio alle grandi profondità presso le Canarie, il rapido abbassamento fra l'Isola S. Paolo e l'Equatore, il ripido pendio di ascesa del fondo, presso il Capo S. Roque (Brasile).

Le figure che diamo nel capitolo concernente lo « *spostamento dei Poli sulla Terra* », possono dimostrare come si possano spiegare queste anormalità, collo spostamento di parte della crosta, lungo grandi fratture e quindi colla differente profondità cui si trova il nucleo centrale più denso della crosta.

Secondo noi dunque, riassumendo, la crosta terrestre ha uno spessore medio assai piccolo rispetto al diametro del pianeta; questo spessore

è variabile e probabilmente minore là dove appariscono i terreni e le roccie arcaiche, perchè manca la soprastruttura generatasi per sedimentazione, durante le epoche geologiche successive. E' vero che questi depositi sedimentari si sono generati a spese e dietro la distruzione di roccie arcaiche, ma prima di tutto, per la minor densità media i depositi sedimentari rappresentano un maggior volume e quindi un maggiore spessore di quello delle roccie arcaiche che li hanno generato consumandosi, e poi la sedimentazione avviene generalmente molto lungi dalla regione dove furono distrutte le roccie arcaiche che le hanno fornito i materiali.

Perciò in alcuni punti la crosta resta assottigliata da questa denudazione, ciò che non impedisce che in altri punti, i materiali sedimentari sieno andati a sovrapporsi a roccie arcaiche, dove queste avevano intatta la loro potenza.

Non crediamo ad un ingrossamento da disotto, per deposito successivo di strati di crosta lasciati dal raffreddarsi del nucleo, perchè, in primo luogo non crediamo alla esistenza del nucleo fuso, ed in secondo luogo, data la differente densità della materia di questo e la crosta, il nuovo deposito dovrebbe gonfiare per occupare il maggior volume corrispondente alla minor densità, e premerebbe contro la crosta terrestre esistente, facendola anche più screpolare o ten-

dendo a farlo, come avviene per la corteccia degli alberi quando, crescendo, aumentano di diametro.

In ogni modo dunque, è inaccettabile l'idea di certi geologi, che la crosta comprima il nucleo e da ciò ne risulti la maggior sua densità. Come farebbe una povera crosta, relativamente sottile, fatta di roccie eterogenee, piena di lesioni, fratture e fori, come lo sappiamo, a trattenere non solo, ma a comprimere al punto di farne più che raddoppiare la densità, una massa fusa, indisciplinata (veggasi quanto si dirà a proposito delle maree) che non domanda di meglio che schizzar fuori e venire alla superficie ?

Il più curioso si è che in altre occasioni, gli stessi geologi parlando di terremoti, li ascrivono a cadute di parti interne della crosta, sopra al nucleo fuso, ammettendo così due cose :

I - la esistenza della famosa intercapedine, fra la crosta ed il nucleo, attraverso alla quale non si comprende come, si possa trasmettere quella formidabile pressione che rende tanto più densa la materia del nucleo, (1)

II - che questa povera crosta, ogni tanto perda un brandello in modo che, anzichè rinforzarsi si indebolisce, si può dire, giornalmente.

---

(1) H. Wehner. — *Physikalische Zeitschrift*. Dicembre I. - 1909. Dice che il nucleo della Terra è solido e separato dalla crosta da una sottile zona liquida. Forma poi su questa prefissa una teoria per la spiegazione dei fenomeni sismici, di cui si parlerà nel Cap. VIII.

E nemmeno ci spieghiamo la ipotesi di scienziati sommi che ammettono il nucleo, nonchè liquido, gasoso; ma di materia gasosa talmente compressa da acquistare la nota densità doppia ed anche tripla (a seconda dello spessore dato alla crosta) di quella dei materiali della crosta.

Chi è che deve mantenere la enorme pressione all'interno?

La crosta terrestre forse? Con tutte le sue magagne?

Assolutamente non possiamo ammetterlo e la ipotesi ingegnosa, certo ultra scientifica, deve ritornare nel mondo di quelle utopie di cui, pur troppo, da secoli si è abusato, parlando dello stato del nostro pianeta!

§ IV. — Rigidità della crosta.

In Europa, specialmente per la Germania, fu esaminata la rigidità della crosta terrestre. Fu trovata una maggiore elasticità, ossia maggior rigidità, nel senso Est-Ovest, che nella direzione Nord-Sud.

Potrebbe questo forse essere in relazione col fatto che, a quelle latitudini, causa lo schiacciamento polare, abbiamo compressione nel senso dei paralleli, mentre si risente già la distensione nel senso del meridiano, causata dal rigonfiamento equatoriale.

Il Prof. Emilio Oddone, dell'Osservatorio Geodinamico di Roma, riferisce interessantissimi calcoli e ipotesi sulla rigidità della Terra, della crosta terrestre, e crediamo utile riassumerli qui (1).

Se μ è il coefficiente di rigidità della Terra, ammettendo l'*equilibrio fluido*, cioè che ogni guscio sferico avesse densità e rigidità uniformi, si avrebbe

$$\mu = 12 \times 10^{11}.$$

Lord Kelvin, supponendo la Terra incompressibile e di uniforme densità e rigidità, trova

$$\mu = 7{,}6 \times 10^{11}$$

e Hough, trova a un dipresso lo stesso e cioè

$$\mu = 8 \times 10^{11}.$$

Wieckert suppone un nucleo interno col raggio eguale a 0.78 di quello terrestre, ed una densità di 8.2, racchiuso in un guscio avente la densità di 3.2; ammette che nessun scorrimento sia possibile fra i due.

Basandosi sul dato che la nutazione della

(1) Emilio Oddone. — *Sulla Tettonica delle Fosse oceaniche.* — Modena. Società Tipografica Modenese, 1909.

Terra si compia in 427 giorni, e sui numeri di Wieckert, l'Herglotz ha calcolato il valore di

$$\mu = 11.68 \times 10^{11}.$$

Lo Schweydar, dai risultati delle osservazioni con pendólo orizzontale, ha trovato, come l'Hecker, che le deviazioni corrispondono ai $^2/_3$ di quello che sarebbero se la Terra fosse completamente rigida. Egli allora applicò una rigidità diversa al nucleo e alla crosta o guscio, e trovò che bisognerebbe ammettere:

$$\text{per il nucleo } \mu = 20.2 \times 10^{11}$$
$$\text{per il guscio } \mu = 0.9 \times 10^{11}$$

Il Prof. Love, dell' Università di Oxford, ha ripetuto i calcoli, e trova:

$$\mu = 21.5 \times 10^{11} \text{ pel nucleo}$$
$$\mu = 0.86 \times 10^{11} \text{ pel guscio.}$$

Dalla velocità di propagazione delle onde sismiche si sarebbe trovato, per coefficiente di rigidità diametrale:

$$\mu = 23.4 \times 10^{11}.$$

Schweydar, per andare d'accordo col Wieckert,

ammette fra il guscio ed il nucleo uno strato di materia plastica o fusa. Il Love non l'ammette e trova che, almeno per 1400 chilometri di profondità, non vi deve esser materia fusa; e dal calcolo (introducendo il coefficiente di $^3/_5$ per il cedimento della crosta terrestre alle azioni mareografiche del Sole e della Luna) si trova, per il nucleo:

$$\mu = 35 \times 10^{11}$$

ossia una rigidità eguale a 5 volte quella dell'acciaio.

Se si ammettesse una crosta più sottile, tanto maggiore dovrebbe essere la rigidità del nucleo, per provvedere a che le deformazioni mareografiche superficiali non fossero maggiori delle attuali.

Queste osservazioni sulle azioni che l'attrazione del Sole e della Luna, hanno sulla superficie terrestre, sulle maree dunque non solo del mare, ma della crosta solida, portano ad escludere un nucleo interno liquido, e anche da questo lato abbiamo la conferma a ciò che fermamente opiniamo.

Love ci dice che non è esclusa la presenza di masse fuse, localizzate, anche estese, ma isolate, ed esclude uno scorrimento della crosta, rispetto al nucleo.

Sono esattamente le cose che sosteniamo in questa memoria, le quali sono con ben maggior competenza provate da Love e da altri scienziati.

L'espansione dall'interno, il See ammette, attribuendovi altra causa di quella che noi mettiamo nella trasformazione graduale della materia del nucleo, in quella della crosta.

Il Prof. Oddone dice che essa è accettabile se la materia diventa cristallina. Ma un nucleo di materia primitiva, può ben presentare la rigidità che è richiesta per mantenere nei limiti le deformazioni della crosta. Crosta sottile, *specialmente* in certi punti, secondo noi, e per la massima parte della sua estensione, aggrappata fortemente al nucleo da cui nasce gradatamente.

Da quello che dànno i calcoli sopra riferiti, dobbiamo realmente scartare ogni idea che tenda a farci credere, che la crosta terrestre comprime fortemente la materia interna del globo, e che la densità di questa viene da una tale compressione.

Quelli stessi che ammettono che i vulcani sono i follicoli da cui escono le materie fuse dal nucleo centrale liquido e incandescente, come possono ammettere che la crosta eserciti una tale formidabile pressione sul nucleo? Ogni giorno, da quei follicoli, dovrebbero sprizzar fuori, non solo del vapor d'acqua, ma getti di materie fuse, ad un'altezza prodigiosa!

E perchè la pressione su questi gas interni, tanto forte da ridurli ad uno stato comparabile al solido, deve spingersi fino al punto che la densità sia più che doppia di quella della crosta?

I fatti parlano chiaro, e se consideriamo quanto diciamo sopra sulla esistenza di vulcani e di fratture che attraversano la crosta terrestre, ci pare che non sia davvero il caso di affaticar la mente per fare calcoli e lanciare teorie tanto difficili.

In altri capitoli dovremo ritornare sull' argomento, per ora i capi saldi delle nostre idee sono:

1.° Lo spessore della crosta terrestre non è uniforme, ma anzi molto variabile da punto a punto.

2.° Lo spessore della crosta è molto minore di quanto si crede e in alcuni punti, relativamente assai tenue.

3.° Il nucleo è freddo, solido, rigido, e la crosta è formata dai prodotti di alterazione della materia unica che lo costituisce.

Appendice al Capitolo.

I. — Nella « Nature » (N. 2201 - Vol. 88, 4 gennaio 1912) si ha una recensione di lettura fatta dal Prof. T. H. Laby, all'Associazione Scien-

tifica Australiana, sopra l'età della Terra, calcolata partendo dai dati sul calore interno e sul suo riferimento.

Ammesso il gradiente per la temperatura della crosta terrestre, Strutt, Mac Intosh e Eve, Fletcher, Fan e Florence, Joly, dicono che basta a provvedervi la trasformazione completa del radio (uranio - radio) contenuto nella Terra, anzi nella crosta terrestre. Però, Fletcher, Joly, Blanc, vi aggiungono anche il calore generato dal Torio, e nell'insieme si troverebbe che il radio ed il torio, contenuti in tutta la massa della Terra, basterebbe a dare una quantità di calore eguale a 300 volte quella che occorre a dare il gradiente termico misurato nella crosta.

Dunque deve esser vero che questi corpi sono soltanto nella crosta terrestre e non nel nucleo; e noi che pensiamo che il nucleo sia ancora costituito da materia unica, in cui i vari elementi non si sono ancora individuati, saremmo d'accordo, perchè nè radio nè torio, potrebbero ancora sviluppare le loro attitudini, nel nucleo, ma solo nella crosta, ove sono già individuati.

Ne verrebbe che la crosta dovrebbe avere un peso eguale ad $^1/_{300}$ di quello totale della Terra (poichè la quantità di radio e di torio fu calcolata in base alle quantità trovate in 1 grammo delle varie roccie terrestri).

Strutt, calcolando in base al solo radio e colle

sue cifre, aveva trovato che la crosta deve occupare $^1/_{30}$ del volume della Terra, e che quindi il suo spessore deve essere di 75 chilom. circa.

Prendendo invece per base $^1/_{300}$ del peso della Terra, lo spessore della crosta si avrà colla formula seguente, in cui sieno:

R il raggio medio della Terra,
r il raggio del nucleo,

e le densità relative della crosta e della Terra 2,65 e 5,61.

$$\frac{5{,}61 \times 4/3\ \pi\ R^3}{2{,}65 \times 4/3\ \pi\ R^3 - r^3} = 300$$

$$\frac{R^3}{R^3 - r^3} = \frac{300 \times 2{,}65}{5{,}61} = \frac{795}{5{,}61} \text{ ossia}$$

$$1 - \frac{r^3}{R^3} = 0{,}007056$$

$$\frac{r^3}{R^3} = 0{,}992944 \text{ e quindi } \frac{r}{R} = 0{,}997645$$

$$R - r = 0{,}002455\ R$$

ossia lo spessore della crosta terrestre sarebbe inferiore ai

16 chilometri!

Sarebbe veramente una conferma di quanto si dirà più avanti, parlando del vulcanismo, e dei terremoti, sopra la esiguità (in certi punti della Terra, per lo meno) dello spessore della crosta.

II. — Noi non ammettiamo il nucleo interno, fuso, che appiccica dalla parte interna della crosta, un nuovo spessore, per il solidificamento che si produce, alla parte esterna del nucleo, per raffreddamento. Ma ammettiamo bensì che il lavorìo di trasformazione del nucleo in roccia, ossia la elaborazione della materia unica che la forma, si propaghi gradualmente. Con quella si individuano i corpi elementari, si combinano e formano delle roccie primitive. In tale trasformazione abbiamo il passaggio di una materia che pesa 5,70 (e poco meno se la crosta è così esile come si è calcolato sopra) ad una che ne peserà forse 3, al massimo, per metro cubo.

Abbiamo così, aumento di volume e rigonfiamento, che si opera gradatamente, dall'interno all'esterno, un vero *foisonnement*, come dicono i francesi, simile al rigonfiamento che subisce un pezzo di calce viva, allorchè è umettata di acqua. E l'esempio calza tanto più che noi, come si vedrà in altra parte della memoria, riteniamo che sia l'azione dell'acqua, sopra i corpi elementari che si generano dalla materia unica, che ne pro-

voca la trasformazione in roccie, e quindi il rigonfiamento, insieme alla produzione di calore.

Da quando la Terra ha preso il suo assetto attuale, e che la crosta ha subito le fissurazioni dipendenti dall' ultimo cambiamento di posizione dell' asse polare, sono passate molte migliaia di secoli. Durante questo tempo, per il fenomeno sopra detto, la crosta ha aumentato il suo spessore a spese del nucleo. (E questo devono ammetterlo anche quelli che sono partigiani della idea del nucleo fuso, con relativo « rinzaffo » dall' interno).

CAPITOLO III.

LO SPOSTAMENTO DEI POLI

§ I. — Cause dello spostamento.

La Terra, abbiamo detto, ha uno schiacciamento ai poli che corrisponde in cifra tonda ad $^1/_{300}$ del suo raggio medio.

E' poco rispetto allo schiacciamento di Saturno che è di $^1/_{10}$, o di Urano che è $^1/_{11}$, o di Giove che è di $^{10}/_{155}$.

Anche Marte ha uno schiacciamento molto più forte, che alcuni portano ad $^1/_{47}$, ma che pare essere realmente $^1/_{195}$; ma intanto lo schiacciamento terrestre, benchè piccolo, corrisponde ancora alla rispettabile cifra di 21 chilom. circa.

Abbiamo detto altrove che questo schiacciamento, data la nostra velocità di rotazione (m. 463 al 1″ in media e 472 al massimo) lo presenterebbe anche un globo di vetro.

Se tale velocità fosse 10 volte maggiore, ossia raggiungesse circa 8000 metri, la forza centripeta farebbe appena equilibrio a quella centrifuga.

Se dal momento in cui il pianeta Terra si è individuato, prima come nebulosa e poi come corpo fuso, il suo asse di rotazione fosse rimasto costante, lo schiacciamento attuale dovrebb' esser enorme.

Se noi vogliamo rendere sferico un pezzo di argilla plastica, lo giriamo fra le palme delle due mani, in tutti i sensi, comprimendolo dolcemente. Per analogia, se una sfera, relativamente plastica, gira intorno ad un asse con grande velocità, per restare sferica occorre che l'asse di rotazione si sposti continuamente o, ciò che è lo stesso, che la sua massa cambi continuamente intorno all' asse di rotazione se questo è di invariabile disposizione sullo spazio. E se lo spostamento non è continuo, per ritornare alla forma sferica, occorre che esso avvenga ogni tanto, per ricondurre alla detta forma lo sferoide, più o meno deformato, ossia schiacciato ai poli.

Il piccolo schiacciamento che attualmente presenta la Terra sarebbe dunque, di per sè stesso, una prova che la massa del pianeta non ha sempre avuto la stessa distribuzione intorno al suo asse polare. E ci serviamo di questa espressione, anzichè dire che l'asse polare è cambiato, per

lasciare impregiudicata la questione se nel tempo, relativamente breve, della vita geologica del pianeta, l' asse polare possa aver cambiato di inclinazione rispetto al piano dell'ecclittica.

Se adottassimo l'altra espressione: *l'asse polare ha cambiato di posizione sulla Terra* si potrebbe credere che intendiamo dire che esso ha cambiato rispetto al piano dell'orbita. Resta dunque inteso che ammettiamo l'asse polare fisso nella sua inclinazione sull' ecclittica, il centro della Terra percorre questa, senza scostarsene, ma la massa del pianeta, in certe epoche, ha variato la sua posizione rispetto a quell'asse di rotazione.

Quali cause hanno portato questi spostamenti? Non possiamo dirlo con certezza. Lo spostamento di una forte massa, sulla superficie del globo, può certamente turbare l'equilibrio del pianeta intorno al suo centro e farne variare la posizione. L'illustre Schiaparelli ha fatto oggetto di studi speciali questo argomento, ed è noto che egli ha calcolato quale effetto avrebbe avuto il trasporto di tutta la massa costituente l'altipiano del Pamir, dalla sua posizione attuale al littorale indiano ed all' Oceano, cosa che il Gange, con gli altri fiumi che scendono da quell' altipiano fanno lentamente, ma continuamente, portando al mare i prodotti della erosione fatta nelle alte valli, dai loro affluenti.

Nella sua conferenza fatta a Biella, nel 1882,

lo Schiaparelli ha parlato diffusamente sull'argomento (1).

Egli vi fece il calcolo dello spostamento che avrebbe il polo di rotazione (artico) della Terra, se l'altipiano del Pamir fosse spianato, e questo nei tre casi e cioè che il nostro globo fosse: completamente rigido o perfettamente elastico, ovvero completamente fluido, anche sotto una crosta più o meno sottile, o finalmente di plasticità limitata.

Per quest'ultimo caso, egli dice che se la causa deformatrice supera un dato limite, la deformazione comincia, e allora il fenomeno di spostamento del polo avviene come se il globo fosse fluido.

Darwin che ha scritto sulla *Influence of geological changes in the Earth's axis of rotation*; ha anche dimostrato che la Terra non ha una assoluta rigidità, e che, anche se avesse quella del vetro, si deformerebbe come si è deformata veramente, per effetto della sua rotazione.

Abbiamo dunque la deformazione e quindi possiamo considerare che la Terra, anche se perfettamente solida abbia un grado di plasticità, per cui il fenomeno di spostamento dell'asse di rotazione può avvenire pel semplice fatto di spostamento di grandi masse, sulla sua superficie.

(1) Bollettino del Club Alpino Italiano, 1882, pag. 9-27. Torino 1883.

L'innalzarsi improvviso di grandi catene di montagne, o l'abbassamento rapido di vaste regioni elevate, potrebbero dare di questi spostamenti; ma tali fenomeni non si spiegano ragionevolmente con azioni endogene e siccome noi dimostreremo in seguito, che non possono esser la causa, ma bensì le conseguenze dello spostamento dei poli, non possiamo ricorrere a quelli per spiegare questo.

Il passaggio di un corpo celeste di grande massa, vicino alla Terra, potrebbe farne deviare il centro dalla linea che deve percorrere, ossia dall'ecclittica. Sarebbe un fenomeno molto grandioso e molto pericoloso per il nostro pianeta, perchè non è detto che passato via il corpo celeste perturbatore, la Terra ritornerebbe sulla sua orbita come una palla in una scanalatura da cui fosse momentaneamente uscita. Quando vi rientrasse, avrebbe cambiata veramente la disposizione dell'asse di rotazione rispetto alla scanalatura, e non quella della massa della palla, intorno all'asse polare.

Il globo perturbatore potrebbe aver avuto influenza soltanto sulle parti fluide della superficie della Terra, e così produrre lo spostamento voluto, lasciando il centro della Terra sull'orbita, e l'asse polare nella stessa inclinazione sul piano di questa. *Fino a che e se*, il pianeta era una massa liquida in fusione. una tale azione, susci-

tando una speciale marea in un macma di densità superiore a 5, doveva certamente avere una importanza straordinaria. Ma noi dobbiamo spiegare questo fenomeno anche, e anzi specialmente, quando la Terra aveva già una crosta solida, ricoperta in parte dalle acque (in totalità forse all'origine delle epoche paleozoiche).

L'accumularsi, per effetto dell' attrazione del corpo celeste perturbatore, di tutta l'acqua sopra un emisfero può aver prodotto un effetto non controbilanciato dal successivo accumulo, 12 ore dopo, sull'altro emisfero, poichè in quel periodo, il corpo perturbatore è passato più lontano e non esercita più la medesima azione. Questo squilibrio può aver benissimo causato una *caduta* della Terra rispetto a sè stessa, ossia al suo centro, in modo che l'asse di rotazione si è trovato a non ferire più la superficie del pianeta nei punti che antecedentemente al fenomeno, ne erano i poli.

Ma più facile è il trasporto di grandi masse sulla superficie del globo, causato dalle erosioni. E queste avvengono sempre, e potevano essere assai più accentuate in epoche geologiche antiche.

Attualmente le terre emerse sono inegualmente distribuite sulla Terra; dominano nell' emisfero boreale e sono scarse nell' australe; tuttavia la potenza erosiva delle acque di precipitazione es-

sendo maggiore nelle zone tropicali, perchè là si hanno le pioggie torrenziali, i trasporti di materia solida avvengono in modo da equilibrarsi, forse, nella cintura formata dalla zona torrida.

Ma se per caso le terre emerse, in una data epoca geologica, fossero state raggruppate prevalentemente in una parte della superficie terrestre e là si fossero svolte grandi azioni erosive, causate da acque torrenziali, la grande massa di materia spostata sulla superficie del globo, in una sola direzione, poteva benissimo causare un forte spostamento dell' asse di rotazione.

Secondo Darwin, si potrebbe anche artificialmente spostare i poli, scavando in un punto della Terra su 3000 metri di altezza, il terreno e le roccie, e portando il detrito lontano, il polo si sposterebbe di 500 miglia, ossia di 8°. Lo Schiaparelli ammette dubitativamente la cifra, ma calcola che se l'altipiano del Pamir (300.000 miglia quadre e 3700 metri di altezza media), sparisse per denudamento, il polo farebbe un giro, lungo una conica sferica, di 55° di asse minore e 87° 1/2 di asse maggiore, e ritornerebbe al suo posto dopo esser passato per la Germania, la Turchia, la Persia, l' Himalaya, la Cina, Yokohama, e la Siberia occidentale.

Piccolissime variazioni di latitudini ne avvengono continuamente, e vi sono osservatorii internazionali appositi, per misurarli.

L'azione della marea causa un movimento di trottola dell'asse terrestre, intorno alla sua posizione media, che fu chiamato *nutazione*. E' un movimento non perfettamente regolare, naturalmente, perchè le maree non hanno sempre la stessa intensità, variando a seconda che l' azione del Sole si somma o si elide con quella della Luna, o variamente le due collaborano; inoltre, perchè le acque non sono uniformemente e simmetricamente distribuite sulla superficie terrestre. Infatti, il movimento fa il suo ciclo completo in 427 giorni, cifra che non ha niente a che fare coi parametri di tempo normali, per i movimenti terrestri.

Ma questo movimento, avvenendo per lo spostamento di masse alla superficie della Terra, e in modo se non regolare, certo ritmico, ci dà spiegazione di quelli maggiori che possono derivare dallo spostamento localizzato, di una grande massa di materia solida.

La creazione di un grande gruppo vulcanico, come quello delle Ande e quello delle isole del Pacifico, basterebbe a giustificare un cataclisma anche nella posizione dei poli sulla Terra, senza dubbio!

§ II. — Conseguenze.

Il risultato dello spostamento dei poli è facile a comprendersi.

Prendiamo il caso più accentuato possibile, quello cioè che i poli si spostino di 90° e vengano a cadere in due punti opposti dell'equatore, un meridiano diventi equatore e l' equatore diventi un meridiano.

Poco alla volta, ma non molto lentamente, quei due punti già equatoriali devono avvicinarsi di 21000 metri al centro della Terra, mentre i due poli antichi se ne devono allontanare di altrettanto, e questi movimenti, vanno gradatamente sfumando di intensità verso i due punti di incrocio del vecchio equatore col circolo meridiano che lo ha surrogato.

La porzione di crosta terrestre intorno ai nuovi poli, si deve corrugare, per occupare lo spazio di un arco di centro di raggio minore del precedente $\left(\frac{299}{300}\right)$. Viceversa, la porzione di crosta circostante ai vecchi poli deve distendersi per occupare lo spazio di un arco di circolo massimo di raggio molto maggiore del precedente.

La porzione di crosta già equatoriale, deve subire delle deformazioni analoghe a quelle di

un libro che venga compresso fra la costola e l'apertura delle pagine, e questo avverrà fino a che lo permettano la plasticità delle pagine. Se queste non sono sufficientemente pieghevoli, avremo anche delle rotture.

Questo è sommariamente indicato nella qui unita figura (fig. 1).

Se consideriamo invece la crosta che sta in una regione polare e per un cambiamento della posizione dei poli, diventa di regione equatoriale, abbiamo che essa si ritrova, à un dipresso nelle condizioni di un arco di ponte le cui spalle si sieno devaricate. L'esempio non calza, in quanto l'arco di ponte si deprime anzichè rigonfiare, come qui succede, ma le conseguenze sono le medesime, in quanto l'arco deve occupare una maggior lunghezza, e perciò si fende lungo piani di rottura. Ciò che è indicato nella fig. 2.

Nel secondo caso, le cose sono semplici; le fratture sono *radiali*, ossia normali alla superficie, e le masse che si muovono si abbassano rispetto alle contigue. Benchè si abbia il rigonfiamento equatoriale e quindi reale allontanamento della superficie dal centro, pure l'effetto è di sprofondamento, e non di creazione di montagne. Una terra che era emersa può trovarsi sommersa se le parti fra a' e a', non potendo mantenersi sulla nuova, più ampia superficie (più lungo arco di cerchio nella figura che è sezionale) si sono

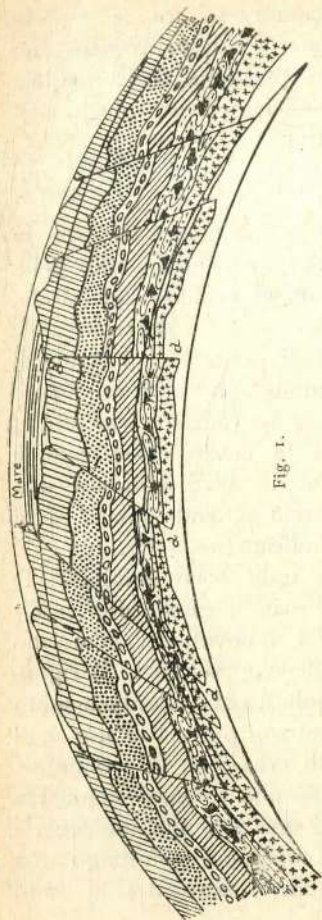



Fig. 1.

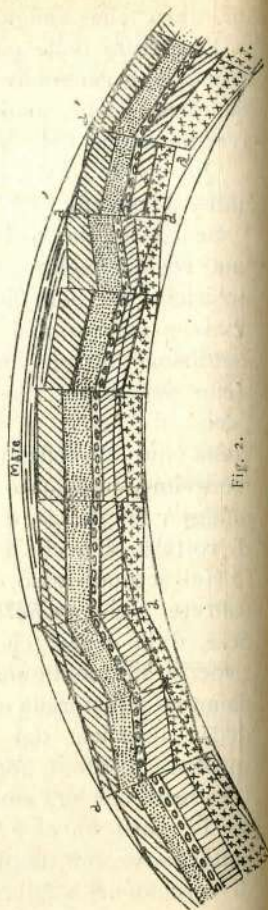



Fig. 2.

abbassate, aprendo un nuovo bacino alle acque, che vi si sono riversate.

Nel primo caso, le cose non sono così semplici; il corrugamento porta dei piegamenti e contorsioni, ma anche, dove la materia della crosta non li può seguire, delle rotture secondo il piano assiale di un ripiegamento, con scorrimento di una parte sopra l'altra e relativo ricoprimento.

Le rotture, anzichè radiali sono oblique e non verticali e, per accentuarne il carattere, le chiameremo *tangenziali*.

Delle masse enormi si spostano, si accavallano, scorrono sulle contigue, ed abbiamo così sollevamenti e scorrimenti, che spiegano la formazione delle catene montuose non solo, ma anche quei famosi *carreggiamenti (charriages* dei francesi) che esistono in misura moderata, in fatti, ma non certo in quella esagerata cui vogliono arrivare alcuni geologi della nuova scuola francese (1).

Fra le zone che per lo spostamento di 90° dei poli, devono rigonfiarsi, e quelle che si devono deprimere, si hanno quelle intermedie che erano e rimangono regioni temperate, cioè indisturbate.

Così queste fratture si arrestano ad una data

(1) È giusto però quello che dice Haug, che i carreggiamenti si manifestano principalmente in profondità. Alla superficie sono bene spesso obliterati da susseguenti erosioni o depositi.

distanza, davanti alla invariabilità di latitudine (distanza dal centro terrestre, ossia raggio terrestre locale) di una regione; ovvero corrono tanto da incontrarsi, da quella parte dove nessuna porzione della superficie rimane inalterata.

Più complessa è certamente la distribuzione delle fratture, se lo spostamento è diverso di 90°. Gli effetti sono poi diversissimi la crosta non essendo omogenea e la superficie non regolare.

Che dire poi, per un pianeta in cui il fenomeno si è già avverato varie volte, lo spostamento è avvenuto con diversa entità e in diversa direzione ogni volta creando nuovi sollevamenti e nuove depressioni, fratture, corrugamenti e, ammettiamolo anche, carreggiamenti?

Certamente, la complessità di sistemi orografici ed idrografici, la bizzarria della forma delle coste, la irregolarità di quella dei bacini marini e tutta, insomma, l'architettura della crosta terrestre, dipende dall'intersecamento dei nuovi lineamenti della faccia del pianeta, con quelli che precedenti convulsioni vi avevano impresso.

Pure, con pazienza, si potrebbe poco alla volta ricostituire la storia di tutti quei movimenti ed arrivare fino a spiegare, con una certa esattezza, ogni linea geografica e geologica che ora si presenta. Infatti, da quello che diciamo in altro capitolo, noi possiamo concepire che sia possibile stabilire la posizione dei poli a varie epoche

geologiche e deducendo, per ogni variazione, quali saranno state le modificazioni apportate alla fisionomia della Terra, quali catene montuose saranno sorte, quali si saranno rotte od abbassate in parte, perchè e come sarà penetrato il mare là dove prima si aveva una terra emersa.

Ad esempio, le nostre Alpi, che col loro straordinario sviluppo di ghiacciai, concomitante alle faune fossili di mare freddo trovate nei depositi pleistoceninici tirreni furono, secondo noi, prossime al polo in quel periodo, si generarono per un corrugamento (1° caso) avvenuto per il brusco passaggio della regione, da equatoriale che era nel primo periodo terziario, a regione polare. Ed infatti troviamo nelle Alpi depositi eocenici tipici pizzicati entro i ripiegamenti di roccie anteriori, non infrequenti rovesciamenti e dei veri, benchè moderati carreggiamenti, tutto secondo il tipo dei sollevamenti e fratture della fig. 1.

Citiamo questo esempio, ma sarebbe facile citarne altri e spiegare anche le sparizioni di certi continenti che diventano, date le premesse, cose naturali e spiegabili, come è detto sopra.

Abbiamo veduto, nelle epoche geologiche antiche, i poli spostarsi, di molto, finchè nel periodo permo-carbonifero li troviamo in due punti per i quali attualmente passano i tropici, e quindi in posizioni distanti 66°.30′ da quelle dei poli attuali.

Nell'epoca secondaria i poli si sono enormemente spostati e quando ne possiamo determinare le posizioni troviamo che esse erano ad Est della Patagonia l'uno ed alla punta del Camsciatca l'altro.

Dopo aver saputo che il Mediterraneo era tropicale nell'eocene veniamo a constatare che Italia e Nuova Zelanda, le due terre agli antipodi, erano in regioni polari e prossime ai poli, nel postpliocene.

La posizione attuale dei poli rappresenta un altro spostamento di 45° almeno, ma quello dall'eocene al pleistocene fu di circa 86°!

E lo schiacciamento attuale, di $^1/_{300}$ circa, tenuissimo, è dunque dovuto alla rotazione intorno all'attuale asse polare. Se da più lungo tempo, cioè quello decorso del quaternario recente ad ora, l'asse polare fosse stato lo stesso, ben più forte sarebbe lo schiacciamento ai poli.

La posizione dei poli non è fissa neanche ora. Tutte le nazioni hanno concorso alla costruzione di due grandi osservatori speciali, ed alle osservazioni che vi fanno speciali astronomi, per valutare la variazione delle latitudini.

Si sono così scoperte variazioni di 0",20 da una parte e dall'altra della posizione attuale, ed il diagramma delle posizioni del polo artico costituisce una specie di spirale irregolare ed intersecantesi nelle due volute, ma il polo non è an-

cora mai tornato nella sua posizione teorica (1).

Nella nota citata lo Schiaparelli riferisce che molti astronomi hanno trovato che il Polo artico si era allontanato di 30 o 40 metri al secolo. E' poca cosa, e veramente non sappiamo a cosa ascrivere una tale regolarità di spostamento; tuttavia, come egli dice, in 10 milioni di anni questo fa più di 3000 chilometri, ossia 30°. Continuando dice:

« Avvicinandosi l'equatore di 30 o 40 metri, a
« Genova, per esempio, il mare dovrebbe rigon-
« fiare e quindi salire di 5 centimetri e se l'E-
« quatore arrivasse al Cairo, il rigonfiamento nel
« Mediterraneo farebbe salire le acque 5000 metri
« più alto del livello attuale e se la Terra fosse
« rigida, anche il Monte Bianco rimarrebbe som-
« merso. Ma se la Terra ha una plasticità, anche
« solamente quella del vetro, essa si solleverà,
« corrispondentemente, di 9000 metri ».

Collo spostamento, ripetuto e variato, della posizione dei poli, sulla Terra, tutti i fenomeni geologici si spiegano, senza bisogno di iperboliche ipotesi sulla attività endogena, e stiracchiate deduzioni da climi caldi, umidi, nebulosi, ecc.,

Sollevamenti e sprofondamenti, genesi di catene

---

(1) Millosevich E. — *L'Italia nel problema degli spostamenti del polo sul geoide.* — Scritti di Geografia e di Storia della geografia concernente l'Italia, pubblicati in onore di G. Dalla Vedova. - Firenze, Tip. M. Ricci, 1908.

montuose, e disparizione di continenti, spostamenti di bacini marittimi, vegetazioni tropicali dove ora si hanno ghiacci polari, e immane sviluppo di ghiacciai con faune di mari boreali, dove ora fiorisce il mandorlo e l'arancio; fratture (faglie) geologiche lunghe e, pur troppo, dannose, corrugamenti, ripiegamenti, rovesciamenti e, perfino, carreggiamenti di strati, tutto si spiega.

E' come se il fitto velo, dietro cui abbiamo brancolato per più di un secolo, si squarci all'urto di questa idea, che sembra nuova e che non lo è, e che non è che la constatazione di fatti esistenti, di prove palpabili. E al di là di quel velo, alla cui ombra tante teorie si sono create, anche da sommi ingegni, la luce inonda la figura della Terra sulla quale, geognosia e geologia possono d'ora in là procedere con piede sicuro.

Vediamo quali altre conseguenti illazioni scaturiscano da questa constatazione preliminare, del ripetuto spostarsi della posizione dei poli sul nostro pianeta.

In un globo, dotato di una certa plasticità come il nostro, si avveravano dunque, ad ogni spostamento dei poli, anche graduale, sollevamenti da una parte e sprofondamenti dall' altra, nella parte solida, per cui le acque si ritiravano da certe regioni e dilagavano in altre (1).

(1) Il sollevamento di montagne e sprofondamenti, tornavano a turbare l'equilibrio del pianeta intorno al suo centro, od al suo asse di ro-

Se la Terra fosse rigida ed avvenisse un brusco spostamento del polo, siccome sarebbe solamente la massa liquida che risentirebbe l'effetto del nuovo regime di rotazione, si ritirerebbe di 10500 metri di altezza dalla regione divenuta polare e aumenterebbe di 10500 nella regione divenuta, da polare, equatoriale, sommergendo, per conseguenza le terre per varie altezze, dal nuovo equatore fino alle zone che non cambierebbero di latitudine.

Invece la Terra essendo dotata di una certa plasticità, si ebbero vari sollevamenti di estese zone e abbassamenti di altre. Naturalmente la plasticità è nella crosta (come sarà spiegato e calcolato in seguito) mentre il nucleo resta rigidissimo, e ciò si comprende dal solo esame delle *figg. 1 e 2* in cui si dimostra bene che la parte fratturata e corrugata è la sola crosta, mentre gli ambulacri *a* restano al contatto fra essa ed il nucleo.

Allora si vengono a spiegare, come si è detto, la creazione di montagne, il sollevamento di antichi fondi marini di epoche geologiche remote ad altezze enormi, e la sparizione di continenti, e molte altre cose.

---

tazione, quindi al seguito di uno spostamento dei poli si aveva un tentennamento, un va e vieni dei medesimi, fino a che essi non si fissavano decisamente in posizione definitiva. E così avremo avuto oscillazioni di climi e di latitudini, durante un certo periodo di tempo, susseguente ad un forte spostamento dei poli.

Come diceva con mente divinatrice lo Schiaparelli, nel 1882, *poichè gli astronomi non possono negare ai geologi la possibilità dello spostamento dei poli di rotazione, in seguito all'azione di semplici fattori geologici, e poichè la Terra non può avere deformazioni proprie, altro che quelle di schiacciamento dovuto alla rotazione, molte cose si potranno spiegare nella storia della Terra, perchè si potrà dire:* **dato questo è vero quest'altro.**

Dai fenomeni geologici di erosione o di spostamento di masse sulla Terra, ne vengono gli spostamenti della posizione dell'asse di rotazione. Dal cambiamento della posizione dei poli di rotazione, ne viene: spostamento dei poli principali e quindi cambiamento completo nella distribuzione di climi sulla Terra, e sollevamento di parti della superficie terrestre, con sprofondamento di altre.

I ghiacciai immensi delle Alpi, i depositi carboniferi di origine tropicale o subtropicale, in regioni boreali o temperate, e tutti i fatti geologici che ci sembrerebbero inesplicabili, diventano cose naturali, per le quali dovremo dire: **non poteva a meno di essere così!**

§ III. — Effetti geologici.

Abbiamo veduto che, conseguenze dello spostamento dei poli devono essere: la fessurazione della crosta terrestre, e l'abbassamento di certe zone della superficie, mentre altre si sollevano.

Il nucleo centrale, di una rigidità superiore a quella dell'acciaio più duro, con una densità assai grande, non partecipava a questi movimenti che interessavano invece la crosta, più facilmente deformabile, che così si staccava, in qualche parte, dal nucleo, rigonfiando; in altre si deprimeva, o ricadeva entro vuoti esistenti ed analoghi aì nuovi che si generavano sotto alle parti che rigonfiano, per esser divenute equatoriali.

Al fratturamento che si genera, corrisponde l'altezza di una terra emersa, che si solleva bruscamente dal mare (1) e lungo la quale corre una linea di frattura; ma altre fratture, più o meno parallele possono originare quegli scaglioni bruschi che gli scandagli rivelano sul fondo degli oceani. Lo sprofondamento o sollevamento può

(1) Linea di frattura e di emersione chiarissima è quella che corre lungo la costa americana del Pacifico, specialmente lungo la Cordigliera del Cile. Se al principio dell'eocene il Polo si trovava ad Est della Patagonia e nel più recente terziario si è spostato verso la Nuova Zelanda, quella regione cilena, da circumpolare divenne bruscamente equatoriale, ed è giusto e naturale che si creassero delle fratture dirette sensibilmente lungo l'attuale linea di Sud-Nord; che anche nella posizione attuale dei poli, rimane, come linea meridiana, allineamento da grande frattura.

esser ripartito in due o tre scaglioni (V. figg. 1 e 2), e ad un allineamento principale corrisponderne di paralleli (V. Parte II - Cap. V).

I continenti ci danno elevazioni massime di circa 8900 metri come nell'Himalaya, ed i mari delle profondità massime di 8960 metri, come ad Est delle isole Tonga nel Pacifico.

Fra il raggio polare e quello equatoriale abbiamo 21 chilometri di differenza ($^1/_{300}$) in cifra tonda, quindi i massimi sollevamenti e le massime depressioni non prendono neanche la metà di quello che è la differenza fra i due raggi terrestri.

Ed è giusto, perchè nel 1° caso è la parte rigonfiata che si deprime, e nel 2° è la parte originariamente depressa, che rigonfia; in questa, la caduta compensa in parte il rigonfiamento, e nell'altra, il corrugamento compensa in parte la depressione.

Vedremo, in altro capitolo, l'importanza che l'acqua ha nei fenomeni endogeni. Noi constatiamo soltanto che l'acqua si trova con un'altezza di 9000 metri circa sopra a dei punti di massima profondità marina, per i quali corre una fenditura. Se lungo questa fenditura l'acqua penetra liberamente, correndo verso il centro della Terra, ad ogni 10 metri di penetrazione acquista un'altra atmosfera di pressione, in più delle 900 che già si avevano al fondo del mare. I feno-

meni di attività endogena si manifestano dove meglio penetra l'acqua e quindi lungo le fratture, talchè, per questo legame, si trovano collegati agli spostamenti della posizione dei Poli sulla Terra.

Così è che troviamo allineati e che individuano essi le fratture geologiche da cui sono guidati all'esterno, tanti fenomeni di attività endogena come: sorgenti termali, manifestazioni vulcaniche o metallifere e altre; ma specialmente grandi fenomeni eruttivi, ed i grandi vulcani.

Ed i vulcani non li troviamo lungo le faglie del tipo tangenziale (o secante), le fratture cioè, che accompagnano i corrugamenti ed i carreggiamenti della *fig. 1.* Non li troviamo nelle Alpi nell'Himalaya, nelle catene di montagne della Spagna.

Li troviamo lungo le fratture del 2° tipo, quelle radiali, e cioè lungo il Giappone, lungo la costa americana del Sud, nel Messico, perfino al polo Sud.

Ma a parte questo, una cosa importante se ne deduce. L'attività endogena deve aver seguito a distanza, relativamente breve, il generarsi delle fratture radiali e quindi uno spostamento di posizione dei poli.

Se un'epoca geologica mostra, nei suoi depositi, la testimonianza di tranquillità assoluta, è segno che durante il periodo di sua durata non abbiamo avuto cambiamento dei poli sul globo.

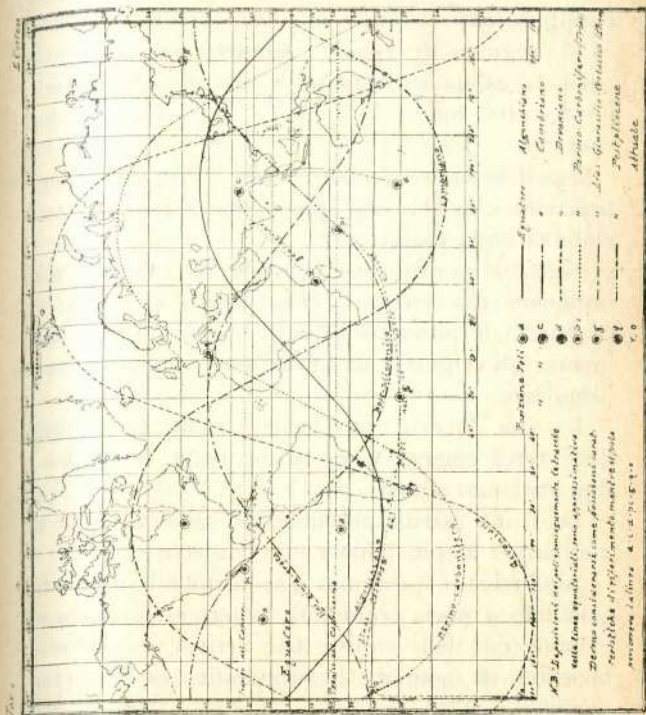
Le roccie massiccie eruttive, che si ascrivono alle epoche paleozoiche, sono numerosissime. Il cambiamento di posizione dei poli, dall'Algonchiano al Trias, fu sensibile e non fu sempre graduale; il glaciale si spingeva fino all'Yang-Tsé-Kiang ed a Simla nel Cambriano, ma si manifestava in Australia nell'Algonchiano e di nuovo nel permo-carbonifero, includendo, nella regione circumpolare, come nel Devoniano, anche il Capo di Buona Speranza.

Se non furono cambiamenti bruschi, certo furono grandiosi e basta guardare, per convincersene, il planisfero in cui sono segnate le varie posizioni dei poli a quelle diverse epoche geologiche (Tav. I).

Ma terminata l'epoca primitiva, ed iniziata l'epoca secondaria, avvenne un sensibile spostamento dell'asse terrestre, rispetto alla massa terrestre. E sul primo periodo triasico, eccoci alle formazioni caotiche (conglomerati, anageniti, arenarie grossolane) ma anche alle emanazioni di roccie eruttive, quali i trapp, i melafiri, i porfidi (1).

Certamente si erano generate delle fratture radiali, con quello spostamento e, susseguentemente, si sono presentati fenomeni cospicui di attività

(1) Le faune fossili, che erano di mari caldi, le vediamo emigrare, come dimostra l'Haug (Vol. II - fig. 294) verso la nuova posizione dell'equatore, che trovasi segnata appunto nella Tav. I.

Equatore
Posizione Poli
Algonchiano
Cambriano
Devoniano
Postpliocene
Attuale

endogena e vere roccie eruttive, in colate e dicchi, esattamente come le nostre lave o alcuni basalti recenti.

Al seguito di quelle manifestazioni violenti però, la calma è ritornata, e fu calma lunga ed ininterrotta fino alla metà o più, del periodo eocenico.

I poli si erano stabiliti sulla Terra nelle due posizioni che abbiamo, più o meno esattamente, stabilita sulla carta.

Nessuna convulsione venendo a scuotere gli organismi che vivevano sulla Terra, od a variare di questa le altimetrie, questi organismi, specialmente gli animali, prosperavano in modo sorprendente.

La vita doveva esser facile, e dolci le pendici delle terre emerse, come anche tenui le profondità dei mari abitati.

La fauna marina secondaria è neritica (fino a 200 m.) o al più batiale (1000 metri) (1).

Al fondo di quei mari poco profondi, o abitati solo fino a poca profondità, poterono prosperare e muoversi delle rudiste che arrivavano alle dimensioni di monoliti. Dal fondo dei bacini acquei

---

(1) Si spiega bene ove potesse esser contenuta tutta l'acqua della Terra, che doveva esser più abbondante di adesso, pensando che le terre emerse erano poche e tutte tropicali come si vedrà in seguito.

Del resto, i grandi depositi di calcare, privi di fossili, possono anche essere stati generati in forma di *plankton*, a grandi profondità.

salivano facilmente sulle rive, a riscaldarsi al sole, dei sauriani così enormi che noi stentiamo talvolta a credere che gli immani scheletri rappresentino ciascuno, un solo animale.

Sulle terre emerse, degli animali ultra colossali, con code che dovevano sembrare enormi colonne (Trochodon) o con membra esageratamente forti (Diplodocus, ecc.) dovevano muoversi su terre pianeggianti, chè certo non avrebbero potuto sollevare la loro mole sopra rapidi fianchi di montagne. Queste non dovevano esistere, perchè se le ali furono dati ai volatili per meglio varcare gli ostacoli, il *pterodactylus* non aveva certamente da sollevarsi molto, nel volo pesantissimo, perchè le colline che doveva valicare erano basse.

Gli stessi batraci divennero enormi, a giudicare dalle impronte che hanno lasciato i *Saurops* in alcuni scisti argillosi secondari.

La vita era tranquilla e gli animali aumentavano straordinariamente di mole e di ossatura. Dovevano scarseggiare i corsi d'acqua e le loro alluvioni.

Arrivati al cretaceo ed all'eocene, devono essere spariti i grossi animali ed invece devono aver prosperato in modo strabocchevole altre specie geologiche se ad enormi quantità di pesci cartilaginosi sono dovuti i depositi di fosfati, ed alla distruzione di miliardi e miliardi di lumache

senza conchiglia si ascriverebbero i depositi petroliferi europei, asiatici e americani.

Ed in questa epoca secondaria, lunghissima, *nessuna* emissione di roccie eruttive, non il benchè minimo cenno di vulcanicità violenta o di colate di roccie massiccie o cristalline.

I poli si erano fissati in due punti del globo, si saranno leggermente spostati entro una breve cerchia, ma non violentemente o fortemente. Forse allora, per la fissità della posizione dell'asse di rotazione e la lunga durata del periodo, lo schiacciamento si è accentuato, ed era più forte dell'attuale.

La Terra era fortemente rigonfiata all'equatore e qui si trovavano, preferibilmente, le terre emerse, e di poco emerse, e le grandi profondità si trovavano ai poli e nelle alte zone temperate, dove si erano concentrate le acque. Così si è trovato quella distribuzione di faune marine, e di fenomeni glaciali, per la quale l' Haug ci dice che si avevano, nell'epoca secondaria, due sole zone climatiche, e cioè, la polare (australe e boreale) e l'equatoriale, come se l'asse polare fosse normale al piano dell'ecclittica.

Caratteristica della Terra dunque, dal Trias all' Eocene, è stata una grande fissità nella posizione dell' asse terrestre, e conseguente forte rigonfiamento all' equatore e schiacciamento ai poli, maggiori degli attuali, e assenza di vulcani e di eruzioni vulcaniche.

Ad un tratto quell'èra di tranquillità fu rotta, e fu forse bene. Ormai i grossi animali erano spariti, la Terra non doveva più dar loro alimento sufficiente, ridotta quasi come si trova il pianeta Marte oggigiorno, quanto all'assenza di montagne, alle pianure aride con qualche piano salato; ma però ancora con molta acqua. Forse l'eccessivo rigonfiamento all'equatore, turbato l'equilibrio della massa, portò un brusco cambiamento della posizione dei poli, e cioè la zona equatoriale là dove erano le polari e viceversa.

Catene enormi di montagne si generarono coi corrugamenti, e forti sprofondamenti si sono prodotti, lungo fratture radiali che ancora sussistono in parte.

Basalti e trachiti si riversarono fuori da bocche ignivome che non sappiamo bene individuare, e colarono lontano come se fossero olio bollente, anzichè roccie incandescenti, insinuandosi alle volte fra due strati di terreni sedimentari, per chilometri.

Secondo alcuni (Ing. B. Lotti) anche dei veri graniti furono così eruttati nell'epoca posteocenica, e quelli dell'Elba ed altri, sarebbero, insieme a molti porfidi, della stessa epoca.

La pace che aveva regnato sulla superficie della Terra, fu turbata e la pessima natura di alcuni terreni eocenici e miocenici, posteriori a questo cataclisma planetario, specialmente in Italia,

può ascriversi appunto a tutti i movimenti di corrugamento e dislocazione che quei depositi hanno subìto e che li ha tormentati per lungo tempo. In quel movimento sono sorte le Alpi ed i Carpazi e forse l'Himalaya.

L'Italia i cui mari erano diventati tropicali, tantochè le faune eoceniche e del miocene inferiore sono caratteristiche di mari caldi, al pari delle contemporanee flore fossili, si è gradatamente raffreddata. Sono cessate le eruzioni vulcaniche di basalti e trachiti, e tutto il periodo pliocenico è trascorso sotto ad un clima temperato, quando venne il periodo terziario ultimo, o postpliocenico, a ridurre l'Italia, come i suoi antipodi, presso la nuova Zelanda, a regione fredda circumpolare, e l'Inghilterra di nuovo, a regione temperata, se non caldissima.

Un ultimo spostamento dei poli, finalmente, ha ricondotto la Terra nella sua posizione attuale rispetto all'asse di rotazione. Nuove fratture si sono generate e sono quelle in vista attualmente. Esse sono individuate chiaramente e lungo di esse sono sorti vulcani cospicui. La più gran parte dei vulcani italiani sono sorti in questa epoca, ed individuáno linee di frattura chiarissime.

Per parlare dei vulcani italiani, l'Etna, il Vesuvio, i vulcani delle Eolie, dei Campi Flegrei, ecc., ecc. sono postpliocenici, mentre quelli di Sardegna,

che hanno eruttato trachiti e basalti sono posteocenici come quelli del Vicentino. Ma anche nel resto della superficie terrestre, molti vulcani sono sorti lungo le linee di frattura e queste si manifestano chiarissime nell'Africa del Nord, nelle Americhe, nel Pacifico, ed in moltissimi punti del globo.

Appendice al Capitolo III.

Alessandro degli Alessandri (1461-1523) spiega la inondazione delle parti emerse della Terra, in tempi *antidiluviani,* con un cambiamento dell'asse di rotazione della Terra.

Whiston (1607-1752) spiega il diluvio coll'azione di una cometa. Beniamino Franklin, nel 1788 diceva che: gli elementi costitutivi del globo terracqueo erano in origine confusi, poi si classificarono per densità, e l'insieme si mise a girare intorno ad un asse, in modo da prendere la forma sferoidale con rigonfiamento equatoriale. Se per qualche accidente quell'asse ha deviato dalla posizione originale, la materia interna, pesante, cambiava di direzione e intensità di movimento, rompeva la crosta, e riportava la sua materia costituente allo stato di disordine.

E nel 1790, pone la questione se il rinvenimento di vestigie fossili tropicali, nelle roccie dei

suoi paesi freddi, non porta a credere che i poli hanno cambiato di posto.

Come si vede il buon senso aveva fatto intravedere, da secoli, la verità, che doveva poi essere provata dai calcoli dell'illustre Schiaparelli!

De Boucheporne, nel 1844, esamina i resultati del cambiamento dell'asse di rotazione della Terra, in conseguenza dell'urto di una cometa. La massa fluida, obbligata a girare nel piano di un nuovo equatore, farebbe aprire intorno a questo circolo massimo delle fratture, con produzione di rilievi montuosi.

Ad ogni nuovo periodo geologico, si avrebbe così un nuovo sistema montuoso, di cui si possono trovar le traccie.

Salvo che per l'ammettere il nucleo fuso, e l'urto di un cometa, certamente, ad ogni cambiamento di età geologica, il Boucheporne aveva le idee che noi riprendiamo. Egli aggiunge che per la espansione della regione equatoriale, cadono dei blocchi di crosta che restano a strapiombo, ciò che dà luogo ad un abbassamento di livello lungo la frattura principale, e alla formazione di fratture secondarie, costituenti due serie di scaglioni in senso contrario.

Ammette, che queste fratture sono parallele all'equatore, mentre noi crediamo che saranno normali, ma giustamente dice che la conseguenza di questi movimenti sono le vallate e depressioni del suolo, che hanno un allineamento marcato.

Secondo lui, l'epoca carbonifera corrisponde ad un'epoca in cui l'equatore era, circa, perpendicolare al piano dell'ecclittica, e quindi ne derivava l'uniformità nei climi.

Ciò non può essere se, come fu detto, l'inclinazione dell'asse polare, sul piano dell'ecclittica, non deve variare, sensibilmente, ma è esatto nel senso che lo spostamento fu di 90°-23° (inclinazione attuale del piano dell'equatore col piano dell'ecclittica) = 67°, infatti Péroche (Les végétations fossiles) dice che all'epoca carbonifera il polo doveva essere alla Baia di Hudson (noi lo ammettiamo presso i grandi laghi dell'America del Nord) e che alla fine del miocene il polo doveva essere di nuovo alla stessa posizione, il che deve esser vero, come latitudine, ma non come longitudine (1).

---

(1) Questo scritto era in corso di stampa quando è apparso un lavoro, intitolato: *Mobilità dell'asse terrestre* — Studio geologico — di Eugenio Jacobitti (Società Tipografico Editrice Nazionale - Torino). Non abbiamo il tempo di citarne le principali linee, e forse non sapremmo neanche farlo, dato che mancano documentazioni proporzionate all'importanza dell'argomento; osserviamo solo che l'autore sembra far del tutto sua l'idea dello spostamento dei poli mentre, come è dimostrato sopra, molti l'hanno avuta prima di lui, e fra questi lo scrivente, che la ha affermata in precedenti scritti.

CAPITOLO IV.

L'ETÀ DELLA TERRA E LE EPOCHE GEOLOGICHE

§ I. - Generalità sulle roccie e sedimenti.

In questo capitolo vogliamo specialmente determinare i rapporti che collegano la geologia colla planetologia della Terra e dimostrare come i fatti geologici confermino l'idea dello spostamento dei poli sul nostro pianeta.

Lo studio della fauna e della flora fossili, delle varie epoche geologiche, colla conoscenza di tutte le regioni del globo e colla evoluzione completa nelle scienze e negli studi biologici, è arrivato a darci degli elementi tali, per cui possiamo ricostituire mentalmente le condizioni in cui si trovava il nostro pianeta nelle varie epoche geologiche, sia come distribuzione di climi e di condizioni meteorologiche sia anche, approssimati-

vamente, come distribuzione delle terre e delle acque, dei rilievi delle prime e delle profondità di queste ultime.

Abbiamo così elementi, se non ancora completi certo molto più numerosi e sicuri che per il passato, per poter tracciare la storia fisica della Terra, dal momento in cui fu globo terracqueo, fino ad ora.

Del come ha potuto formarsi il primo inviluppo di roccie sulla Terra, abbiamo parlato in capitoli precedenti; pur troppo, fino a quel punto, sono le ipotesi che tengono il campo e non abbiamo nessun dato preciso per affermare come si sieno generate quelle roccie, e quale era l'ambiente che avviluppava il nostro pianeta in quel periodo.

Ma dal momento in cui le acque si sono stabilite sulla superficie del globo, le cose hanno cambiato, perchè i depositi sedimentari, per la loro natura e per le impronte fossili che hanno conservato, hanno preparato per noi una serie, non interrotta, di documenti dai quali, sapendo e volendo leggere bene, la storia della Terra vien fuori chiaramente.

Forse dire, *chiaramente*, è troppo, e non è ancora il caso di dire che viene fuori *completamente*; ma è certo che si hanno sotto mano elementi e dati di fatti indiscutibili.

Le roccie massiccie o cristalline, non furono

più le sole ad avviluppare quel nucleo interno, che si vorrebbe fluido da qualcuno ancora, e che tale fu ritenuto da tutti fino a pochi lustri or sono. Se esse vennero poi dall'interno, cioè sono roccie endogene, eruttate *fuori*, e non più formatesi *sulla* superficie stessa del pianeta, per i loro rapporti coi terreni sedimentari, possiamo stabilire in quale periodo e come furono emesse, mentre le roccie massiccie primitive non ci sanno far comprendere nè le loro vicende genetiche, nè la loro successione.

Gli organismi dapprima imperfettissimi e principalmente vegetali, ma subito in piena e costante evoluzione, che troviamo fossili nei depositi sedimentari, ci possono indicare le condizioni climatiche in cui hanno vissuto. Conoscendo i fossili, vegetali ed animali, di un certo periodo geologico, su tutta la Terra, noi possiamo per analogia, per illazioni logiche, dedurre le condizioni climatiche, altimetriche e batimetriche, che si avevano sul pianeta, in quel periodo, e ciò con una certa approssimazione della quale dobbiamo contentarsi adesso, in attesa che lo svolgimento delle nostre conoscenze geologiche, zoologiche e botaniche, ci fornisca gli elementi che ancora mancano, o sono incompleti, per fare il lavoro più perfetto.

Oltre alla natura degli organismi che hanno vissuto sul nostro pianeta in vari periodi geologici, ed in varie latitudini, o condizioni fisiche,

in uno stesso periodo, ci danno informazioni preziosissime i caratteri esterni stessi dei depositi sedimentari cioè: il loro colore, la loro compattezza e costituzione, i minerali che contengono, ecc., ecc.

Sappiamo già che il color rosso vivo delle roccie sta a dimostrare la loro origine tropicale, perchè è sotto l'azione del clima torrido asciutto o delle acque piovane torrenziali (più ossidanti per la presenza di acido nitrico o di ozono generati da scariche elettriche) che gli ossidi di ferro disseminati nella roccia passano al massimo grado di ossidazione, chè è anche il più fortemente colorato.

I ciottoli striati, specialmente se compresi in certe argille (*boulder clays,* degli inglesi - *argiles à blocaux,* dei francesi) e che abbiano quelle striature speciali che dipendono dal movimento impresso dai ghiacciai, indicano regione fredda, polare, o di alta montagna, in cui si è potuto verificare il fenomeno glaciale.

I depositi di sale e gesso stanno ad indicarci il clima secco, in genere; certo assenza di forti pioggie, e invece, grande evaporazione.

Così poi: i conglomerati denotano stato di acque in brusco movimento, e prossimità di coste emerse; le arenarie, acque un poco più tranquille e tali in proporzione inversa della grossezza dei grani.

Le argille sono depositi di bacini tranquilli, ed i calcari depositi di mari più o meno profondi, o calmi estuari.

Le alternanze dell' uno o dell' altro genere di depositi, la mescolanza dei tipi, si spiegano facilmente come ben sappiamo, ed è inutile far qui tutti i casi e dare la ragione per cui si hanno conglomerati intercalati, specialmente in forma lenticolare, fra le arenarie grossolane, in genere, o delle arenarie a grana fina alternate con argille o lenti di argilla incluse in depositi stratificati di arenarie, e via dicendo.

Le considerazioni sulla natura dei depositi che formano la parte stratificata della crosta terrestre, sulla loro origine e sul modo di accumularsi darebbero modo di valutare anche, con una certa approssimazione, l'età della Terra, dal giorno in cui cominciò a soggiornarvi l'acqua e vi è apparsa la vita, fino ad oggi.

I depositi a grossi elementi si formano presto. I ciottoli sono portati da acque torrenziali, ma abbandonati immediatamente appena essi arrivano al piano, o influiscono in un gran lago o in mare. I conglomerati rappresentano quindi, anche se sono potentissimi, un corto periodo geologico.

Anche i grossi sabbioni si generano rapidamente; ed in proporzione decrescente di rapidità le arenarie grossolane, le ordinarie, e le più tenui, ma sempre molto più in fretta dei depositi a fini elementi.

La piena di un torrente che arrivò in una palude dove si generava un deposito torboso che divenne poi un carbon fossile, ha creato in poche ore uno strato di arenaria più grossa di uno strato di carbone che ha richiesto forse degli anni per formarsi.

Le parti tenui vanno al largo e si depositano lentamente. Il deposito argilloso può essere contemporaneo a quello di arenaria o di conglomerato, littoraneo, ma è molto più lento. E' vero che è provato come l'acqua del mare si chiarifichi 25 volte più presto dell'acqua dolce, ma tuttavia, un deposito argilloso o marnoso richiede molto più tempo a formarsi, sopra un dato spessore, di quello che non richieda un'arenaria o un conglomerato.

I depositi calcarei sono tutti di origine organica. Nei mari caldi specialmente vediamo con quale relativa rapidità si generano i calcari coralliferi ; ma i calcari generati dalle melme calcari formati dai foraminiferi (rizopodi) al fondo degli oceani, e delle quali occorrono dei metri per formare un decimetro di calcare, hanno certamente richiesto secoli e secoli per accumularsi in pile di strati di varie centinaia di metri di altezza, quali li troviamo adesso.

§ II. — Età della Terra.

Si è cercato di spiegare in molti modi una rapida sedimentazione dei calcari, al fondo dei mari. Così si è detto che l'acqua del mare contiene in dissoluzione una quantità di acido carbonico 30 volte maggiore di quella che si trova nell'acqua dolce e perciò scioglie molto carbonato di calce, che poi abbandona spontaneamente, per decomposizione del bicarbonato di calce che si è formato o in mano agli organismi microscopici che se ne impossessano.

Seguendo le idee del Prof. G. H. Darwin, e sviluppandole nell'applicazione, il Prof. Robert Ball di Dublino, calcolava che durante l'epoca paleozoica la Terra distava dalla Luna $^1/_6$ della distanza attuale (10 diametri terrestri anzichè 60,4 ossia 63000 chilometri) e perciò le maree erano $6 \times 6 \times 6 = 216$ volte più forti (perchè l'attrazione è in ragione inversa dei *cubi* delle distanze ?) e quindi, in media, di 200 metri di altezza.

Inoltre la durata del giorno era di 7 ore, e quindi ogni 3 ore e $^1/_2$, enormi masse di acqua invadevano i continenti per grande altezza, e poi si ritiravano in forma di torrenti rovinosi, portando al mare tutto quanto era sulla superficie della terra invasa (V. Cap. VII - *Acque e Maree*).

A parte che non crediamo che all'epoca pa-

leozoica la Luna fosse così vicina alla Terra, nè questa rotasse così rapidamente, e non vediamo cosa avrebbe asportato la terza o quarta marea dopo che le prime avrebbero pulito la terra emersa da ogni detrito superficiale, non possiamo accettare questa teoria, al solito, *troppo* ingegnosa, perchè i depositi formati da elementi strappati così violentemente, avrebbero l'aspetto caotico e frammentario; sarebbero conglomerati di ciottoli, angolosi, perchè non avrebbero avuto il tempo di arrotondarsi rotolando. Quindi non si spiegherebbero così i grandi depositi di calcari, che sono depositi fatti lentamente, tranquillamente, e scevri da parti detritiche irregolari.

I grandi depositi calcari poi, sono dell'epoca secondaria, e non paleozoici, e a quell'epoca la durata del giorno, sulla Terra doveva esser simile all'attuale, e la distanza della Luna dalla Terra minore forse, ma non enormemente minore dell'attuale.

Basandosi sopra ipotesi si potrebbe, ripetiamo, calcolare l'età della Terra, dal giorno in cui vi si stabilì l'acqua liquida in grandi bacini, fino ad oggi.

Però dove entrano le ipotesi, i calcoli diventano elastici od arbitrari i loro resultati, e basterà che citiamo le cifre di anni che, per i varii periodi geologici dànno: uno scienziato inglese W. Thompson (Lord Kelvin) ed uno americano: Newcomb, per provare a quali discrepanze di resultati si può arrivare.

TERRENI	Potenze (in metri)		ANNI — W. Thompson		ANNI — Newcomb	
Pirolitico	74.000	37.000	44.432.000	22.216.000	7.690.000	3.845.000
Arcaico		37.000		22.216.000		3.845.000
Paleozoico.						
Siluriano infer.	42.000	23.700	24.774.000	13.800.000	4.282.000	2.388.000
Siluriano sup. .		5.000		3.000.000		519.000
Devoniano. . .		6.700		3.960.000		686.000
Carbonifero, ecc.		6.600		3.984.000		689.000
Mesozoico.						
Triasico	14.000	9.600	8.176.000	5.688.000	1.415.000	984.400
Giuraliasico . .		2.600		1.480.000		256.200
Cretaceo		1.800		1.008.000		174.400
Cenozoico.						
Terziario. . . .	4300	3.400	2.648.000	2.120.000	458.300	366.900
Post terziario .		900		528.000		91.400
Glaciale	900	600	528.000	352.000	91.380	60.920
Post glaciale .		300		176.000		30.460
TOTALI (in cifre tonde)		**135.200**		**80.000.000**		**14.000.000**

Secondo la Bibbia, l'età della Terra è di circa 7000 anni. Secondo gli indiani ed i cinesi, il globo terracqueo si è formato 20.000 anni or sono, all'incirca.

Strutt, ha voluto calcolare l'età della Terra, determinando la quantità di elio contenuto in certe roccie. Prima si era dato a ricercare la quantità di elio nel silicato di zinconio, ma poi si è basato sopra la *torianite*, determinando che in un anno, per ogni grammo di torianite, si produce una quantità di elio, pari a:

4×10^{-8} centimetri cubici.

Per due esemplari diversi di torianite ha trovato: per uno:

280 milioni di anni

per l'altro:

250 milioni di anni.

Pare che avesse trovato, per certe roccie del Canadà 622 milioni di anni. Perciò, andando di questo passo, si arriverebbe a più di 700 milioni. Notar bisogna che tutti questi calcoli sono fatti per roccie già formate; alla loro età bisogna aggiungere quella che aveva già la Terra, quando le roccie primitive hanno cominciato ad indivi-

duarsi. Non deve esser certamente stato breve il periodo impiegato, secondo alcuni, dalla Terra, per passare dallo stato di nucleo nebuloso, a quello di globo fuso e poi di globo avente una crosta esterna solida di roccie solide; e per altri, per riunirsi sotto forma di nucleo di materia unica la quale, poco a poco alternandosi ha dato gli elementi chimici e, dalla loro combinazione, le prime roccie.

In totale, un rispettabile numero di milioni di anni, rispetto al quale, la discrepanza di qualche diecina è trascurabile!

Vedremo adesso quali caratteristiche possiamo osservare nei depositi sedimentari di varie epoche geologiche, per poterne dedurre la distribuzione dei climi e delle zone, sulla superficie della Terra, durante quei periodi.

In pari tempo, quando lo si possa, metteremo in evidenza i testimoni dell' attività endogena negli stessi periodi, per poter determinare, almeno con approssimazione, la posizione della massa terrestre rispetto al suo asse di rotazione o, se così si preferisce, la posizione dei poli sulla Terra (1).

---

(1) Ci riferiremo sovente al recentissimo libro di geologia comparata di EMILE HAUG. - *Traité de géologie.* - *Les périodes géologiques.* - Librairie Armand Colin - Paris.

§ III. — Epoche: arcaica e paleozoica.

Azoico. — Nelle età precambriane della Terra, distinguiamo il vero *arcaico* dall'Algonchiano, di cui abbiamo già detto che (Cap. III - Parte I - *La crosta terrestre*) essendo precambriano, non va unito, come si faceva in passato coi terreni azoici o arcaici, i cui rappresentanti attuali, con nomi nord-americani, che non tentiamo di italianizzare, sono distinti in *Laurentian e Keewatin,* a seconda che sono a *facies* granitoide o scistoso. Comprendiamo questi sotto la denominazione di periodo *Azoico.*

Le roccie di queste epoche dovrebbero essere tutte di origine ignea, e cioè quelle così dette *scorie* del primo raffreddamento della massa fusa terrestre. Abbiamo già detto che non hanno affatto l'aspetto di scorie, e che non sembrano, specialmente gli scisti, prodotti di consolidamento di materie fuse.

Nelle epoche posteriori, altri depositi, per azioni metamorfizzanti assai intense, furono condotte ad assumere aspetti assai consimili a quelli delle roccie arcaiche, e per molti, forse non per tutti ancora, ciò fu riconosciuto. Ma molti dicono che noi non vediamo le vere roccie primitive, ma solo dei derivati di queste.

Anche l'Haug dichiara che le roccie arcaiche

« non sono mai rimaste orizzontali, hanno avuto ripiegamenti intensi, e furono tanto metamorfosate che, prendendo l'aspetto cristallino, non mostrano più la loro *natura sedimentaria primitiva* ».

Non siamo dunque soli ad ammettere che avvenissero sedimentazioni anche nelle epoche chiamate, in geologia, *arcaiche*.

Noi che ammettiamo il ripetuto cambiamento di posizione dei poli, indicato nel piccolo planisfero che uniamo, e che abbiamo accennato alle energiche azioni di deformazione e dislocamento che subiva la crosta terrestre, con relativi contorcimenti e piegamenti, siamo dunque dispostissimi ad accettare l'idea dell'Haug, che i depositi, o roccie, chiamati arcaici, sieno stati fortemente tormentati. Ma potrebbe darsi, studiando con più minuziosa attenzione, le conseguenze dei varii spostamenti dei poli, che si trovi una qualche regione che non fu *mai* disturbata, o non lo fu mai fortemente, e nella quale perciò i depositi arcaici sono ancora allo stato e nelle condizioni iniziali. E' poco probabile, ma è possibile; ed è anche possibile che dove ciò avvenne essi sieno mascherati da posteriori depositi, perchè il non essere disturbati come depositi, non vuol dire che non possono essere stati, talvolta, soprafatti dalle acque; e dove anche per poco, ha soggiornato un mare, si trova indubbiamente (se non fu abraso in seguito) un deposito sedimentario.

Roccie intrusive però si trovano fra tutte le roccie arcaiche, e veramente col carattere di emissione attraverso spaccature ed espandimento al disopra di quelle roccie, e perfino con materiali di protezione.

Non dobbiamo che considerare i graniti, i cui filoni, e le cui calotte di espandimento sono così chiari dovunque si incontrano; come altrettanto si può dire per certe dioriti e roccie analoghe.

L'analogia colla struttura di lave molto più recenti è grandissima, e possiamo ritrovare anche i materiali corrispondenti a quelli che accompagnano emissioni ed espansioni laviche.

Disgraziatamente, le sezioni della crosta che si presentano, hanno soltanto poche centinaia di metri di altezza, ed è impossibile riconoscere esattamente la forma e l' ubicazione dei vulcani che in quell'epoca hanno prodotto quelle roccie eruttive.

Quindi non si può ricavarne la relazione colle pieghe e gli spostamenti, ossia colle fratture geologiche del periodo arcaico.

Algonchiano. — Nel Michigan e nel Minnesota, nell'America del Nord, come pure nella regione dei grandi laghi e specialmente nell'Ontario, nei conglomerati di base dell'Uroniano si trovano blocchi striati con rigature parallele, indicanti la esistenza dei ghiacciai.

Lo stesso si sarebbe verificato poi in Australia,

e così si individuerebbero due regioni, quasi situate agli antipodi fra loro, in cui il fenomeno glaciale si è manifestato chiarissimo in quella remota epoca geologica.

Dal fatto che i depositi dell'Algonchiano non presentano calcari o, almeno, questi scarseggiano, l' Haug ne deduce che il clima doveva essere rigido perchè, dice lui, i calcari sono formazione di mari caldi, dove gli organismi minuti che concentrano e segregano il calcare possono prosperare e così intensamente e rapidamente edificare gli strati di quel materiale.

Ma forse non tutti i depositi algonchiani sono scarsi di calcari. Se la formazione di scisti lucenti (filladi) che abbiamo in Italia, in Spagna, in Egitto e Algeria, in Abissinia, nell'America Centrale e altrove, e che chi scrive qui ha considerato come arcaici nella costituzione della Carta geologica della Sicilia e della Calabria, fosse invece, come egli crede, algonchiana, non si può dire che il calcare manchi in quel periodo, tenendo conto delle enormi masse di calcare racchiuse fra quegli scisti lucenti; oltrechè le grandi masse gessose rappresenterebbero un periodo di forti concentrazioni e clima arido e asciutto, caldo.

D'altro canto poi, i depositi angonchiani non sono visibili su tutta la Terra, e non possiamo sapere se non vi sieno grandi depositi calcari in quell'epoca, Potrebbe anche darsi che mancassero

le condizioni di fondo e di tranquillità, necessarie per i depositi di calcari.

In ogni modo, però, rimase assodato che due regioni terrestri, quasi agli antipodi e cioè, in Australia e nell'America del Nord, erano nell'algonchiano sotto al regime glaciale; e siccome non si può dire che questo dipendesse dalla esistenza di grandi ed alte masse montuose, si può meglio ammettere che quelle due regioni si trovassero nelle condizioni di regioni polari.

Infatti, vi sono depositi algonchiani che non manifestano in alcun modo che il clima fosse rigido su tutta la Terra; e lo stesso Haug fa la ipotesi soltanto per il periodo iniziale dell'Algonchiano, ammettendo poi che, nel seguito, questo presentasse varietà di climi e quindi anche zone temperate e calde vi fossero sul globo, come attualmente.

Se le due regioni sopra indicate erano fredde e polari, o circumpolari, è facile dedurre in quali parti del mondo passassero la zona torrida e l'Equatore (1).

L'Algonchiano presenta tipi variatissimi di terreni sedimentari, che sono però tutti precambriani.

---

(1) La posizione del Polo artico essendo allora prossima ai grandi laghi dell'America del Nord, quella del Polo antartico sarebbe stata in un punto che attualmente si trova nell'Oceano Indiano australe. La Calabria e la Sicilia erano in zona equatoriale e quindi possibile la formazione di grandi masse calcaree di origine organica, e di masse gessifere, *se le filladi di quelle regioni sono algonchiane.*

Intrusi in quelli si trovano numerose roccie eruttive, quali diabasi, dioriti, porfidi quarziferi.

Le filladi, che abbiamo collocate nell' arcaico facendo la carta geologica della Sicilia e della Calabria, possono essere, come dicemmo, algonchiane. Quando si faceva quel lavoro, non si avevano elementi per stabilire questo piano intermedio fra l'arcaico ed il cambriano; pure alcuni fatti ci facevano ritenere che quegli scisti lucenti non fossero precisamente arcaici, e fra le altre cose una specie di conglomerato che in un punto fu trovato, fra le filladi e gli gneiss dell'Aspromonte.

Ora, quelle filladi che si ritrovano eguali in Spagna, in Egitto, nell'America centrale, nell'Africa australe, ecc., ecc. sono attraversate da roccie eruttive caratteristiche, in tutte queste regioni, e specialmente da graniti, porfidi quarziferi, pegmatiti granatifere, diabasi, e altre; e non solamente si vedono le intrusioni e gli espandimenti di queste roccie, ma anche si trovano dei materiali che rappresenterebbero quelli di proiezione che accompagnano le eruzioni.

Ma dall'epoca algonchiana ad ora, come per l'arcaico, troppe vicende e sommovimenti hanno subìto la crosta terrestre e quei depositi; gli apparecchi vulcanici dell'epoca sono completamente distrutti o obliterati da posteriori denudazioni o depositi, o altrimenti nascosti a pro-

fondità o interni di continenti, che noi non possiamo scrutare, finora.

In linea generale, possiamo dire che le fratture importanti, durante il periodo algonchiano, dovevano avere andamenti da N-E a S-O, nel Nord d'Europa, da O-N-O a E-S-E nel Nord dell'Asia, da E. ad O. nel Canadà e da N. a S. nella parte orientale dell'America del Nord.

Cambriano. — In questo periodo è stata segnalata la presenza di argille glaciali con blocchi striati, in Norvegia; ma l'età cambriana di queste è ancora discutibile.

Sono depositi glaciali cambriani, accertati, quelli dell'Yang-Tsè-Kiang, e nella regione presso Simla (India). Nulla sta a provare che quei fenomeni glaciali sieno dovuti a presenza di alte montagne, o che il clima fosse generalmente freddo.

Se mancano forti depositi calcari nell'eo-cambriano, perchè forse non sono ancora conosciuti o non sono visibili, è certo che non mancano nella parte superiore del cambriano, e possono così testimoniare la esistenza di mari caldi.

Fra i depositi cambriani e quelli algonchiani, abbiamo discordanza o, per lo meno, trasgressione. Ciò non deve meravigliare dato il grande spostamento che avrebbero subìto i poli, andando, uno dal Sud dell'Australia al centro dell'Asia ed uno dai grandi laghi americani all'Est del Pacifico, di fronte alla regione cileno-boliviana.

Il Canadà ed il sistema Baltico furono invasi dalle acque, per fenditure e spostamenti allungati, prossimamente, Est-Ovest.

Le manifestazioni vulcaniche furono limitate, e ciò potrebbe indicare che lo spostamento dei poli avvenne all'inizio del cambriano, ma dopo si ebbe una certa stabilità, e quindi poche manifestazioni di attività endogena.

Siluriano. — Di questo periodo, all' opposto del precedente, non furono accertate manifestazioni glaciali, mentre che in tutto l'emisfero boreale attuale troviamo delle formazioni coralline, per tutte le latitudini.

All'opposto dei due periodi precedenti dunque, l'Haug suppone che in questo si dovesse avere un clima dolce ed uniforme per tutta la Terra.

Ci pare che sia da tener conto che per tutta la parte del globo attualmente sommersa, non sappiamo se vi sieno depositi siluriani e se questi non avranno caratteri perfettamente diversi da quelli conosciuti e quindi se, eventualmente, non potrebbero indicare delle regioni fredde e polari esistenti in quell'età geologica (1).

(1) Percival Lowell. - *The Evolution of Worlds.* Mac Milliam Publisching Cy 1910.

L'Autore sostiene che nel Cambriano e nel Siluriano ancora si risentiva intensamente, alla superficie, il calore interno e la Terra era involta in dense nubi. Per questo, egli dice, i trilobiti, che pure erano animali abbastanza elevati nella scala zoologica, erano ciechi.

Egli non pensa che l'avere gli occhi rudimentali dipende dal fatto che quei crostacei erano tenebridi e vivevano sotto alle sabbie minute ed

L'Ordoviciano in Siberia ed il Gotlandiano negli Stati Uniti d'America, mostrano dei depositi di gesso e di salgemma, che stanno ad indicare, per lo meno, clima asciutto e regione di grande evaporazione.

Se non corrispondono alla zona torrida di quell'epoca, le due regioni suddette debbono rappresentare almeno zone temperate, e questo è perfettamente possibile colla posizione dei poli, in quell'epoca.

La quale posizione ha variato sensibilmente, fra quello che era nel periodo antecedente, o *cambriano*, ed il susseguente *devoniano*; quindi è durante il siluriano che si sono risentite delle azioni endogene assai potenti, e si produssero forti movimenti nella crosta terrestre. I mari si approfondiscono o invadono le terre, al Nord della Scandinavia e nella pianura russa, e si ritirano nella parte occidentale delle Americhe, oltre che nella regione caledonica.

Una fascia che traversa obliquamente l'Europa, dalla Manica all'Adriatico, resta, relativamente tranquilla.

---

umide. Hanno, per la stessa ragione o simile causa almeno, occhi piccolissimi le talpe ed occhi rudimentali o addirittura mancanti, i coleopteri, detti ciechi, delle caverne, che pure sono di qualche gradino più elevati dei trilobiti, nella scala zoologica.

I climi nel Cambriano e nel Siluriano dovevano esser simili ai nostri, senonchè differentemente distribuiti sulla Terra; ma il Sole doveva splendere come or

Le fratture principali, accentuatesi, pare, nella seconda parte del periodo siluriano, sembrano dirette da N-E a S-O, o quasi N-S.

Certo, lo spostamento dei poli, che si rende ben manifesto colla posizione che essi hanno preso prima dell'inizio del devoniano, ha causato nella crosta terrestre dei disturbi cui non era abituata durante l'epoca cambriana.

Dalle flore e faune fossili delle due epoche non si può giudicare che da quello che vediamo adesso nelle formazioni create allora, ed accessibili attualmente. Così si è detto che il cambriano doveva esser caraterizzato da clima freddo, e tanto più che vi si trovano abbondanti e largamente distribuiti i depositi glaciali, invece, nel siluriano, si trovano abbondanti i depositi corallini e i banchi di gesso e salgemma, che caratterizzano climi e località calde, ma non si conoscono formazioni speciali.

Certo, però, il siluriano, ebbe i suoi forti movimenti, e forti fratture, per cui le manifestazioni vulcaniche furono abbondantissime e violente, come si vedono appunto in Scozia, Inghilterra, Scandinavia, e anche nella Bretagna, per la quale il Barrois, dà la sezione geologica di Menez-Hom nel Finistère, (dove tenta di ricostruire i vulcani siluriani della regione) che qui riportiamo (fig. 3).

Intercalazioni di diabasi nel siluriano le abbiamo anche in Boemia, e nel N-E dell'America settentrionale.

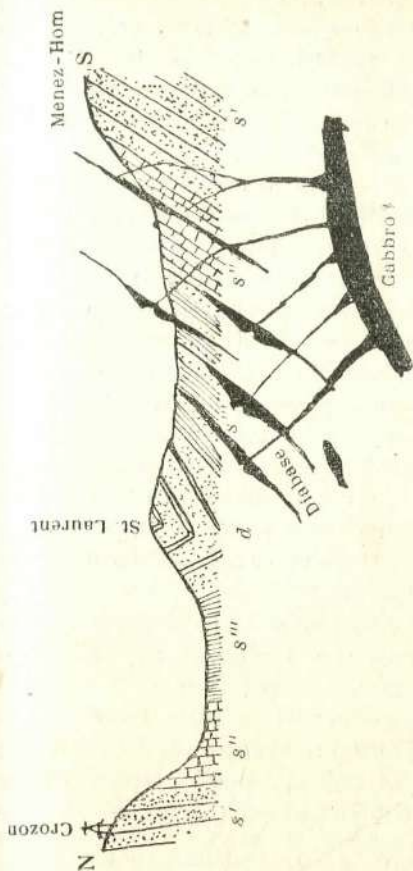



Fig. 3. — Vulcani siluriani di Menez-Hom.

s' Arenarie - *s''* Calcari - *s'''* Scisti (Siluriano) - *d* Devoniano.

In ogni modo, anche nel siluriano, per lo spostamento del polo che troviamo poi individuato dalle zone glaciali dell'epoca devoniana, abbiamo avuto grande fratturamento della crosta terrestre, e sensibile sviluppo di vulcani o, almeno di attività endogena con emissioni di roccie eruttive.

Devoniano. — La roccia caratteristica del Devoniano, nel Nord di Europa, è l'arenaria rossa (*old red sandstone*) a facies lagunare. Tale deposito starebbe a rappresentare un clima tropicale.

In Calabria si è parlato di esistenza di depositi devoniani, in base ad un trilobite (Phacops laevis) che esiste al Museo Geologico di Napoli e segnato come proveniente da Stilo. Lo scrivente de solo ed unitamente a dei paleontologi ha ricercato il terreno da cui poteva provenire quel fossile. Il solo deposito che poteva esser ascritto a quel periodo non ha aspetto di deposito di mari tropicali, ma è prevalentemente calcareo-scistoso (1).

Nel devoniano sono rari i depositi di gesso e di salgemma, che starebbero ad indicare clima asciutto e grandi evaporazioni.

Nella arenaria del « Table Land » (Capo di Buona Speranza) si sono trovati dei ciottoli striati, di origine glaciale. E' poco chiaro se tali ciottoli erano contemporanei o provenivano dal disfaci-

(1) E. Cortese. - *Il Devoniano in Calabria.* - Boll. del R. Ufficio Geologico, 1890, n. 11-12.

mento di roccie preesistenti. Tuttavia siamo più propensi a credere che formazioni glaciali si producessero in quell' epoca, tenuto conto di quanto è stato osservato nel susseguente periodo geologico.

In Siberia si troverebbe un deposito di salgemma, di epoca devoniana, che starebbe ad indicare clima secco e forse tropicale come quello dell' Europa settentrionale. Ciò non contradice alla posizione di un polo vicino all'Africa australe, anzi, come vediamo dalla Tav. I, ciò concorderebbe colla posizione dell'Equatore devoniano.

I movimenti della crosta terrestre, epirogenici più che orogenici, sono molto sensibili durante il devoniano.

I geologi riconoscono, in massima, dei movimenti di sprofondamento e di emersione, completamente opposti a quelli che erano successi anteriormente.

E questo sarebbe naturale se i poli si sono spostati dalla posizione *C* alla posizione *D*; si tratta appunto di uno spostamento di oltre 60°, tale da generare fratture del tutto opposte, di direzione, se non di ubicazione.

Infatti la Scandinavia e la Caledonia restarono tropicali, nei due casi, ma le posizioni della zona tropicale, nelle due età, si incrociano con un forte angolo, e le fratture devoniane, infatti, sono dirette da N-O a S-E, cioè quasi ortogonali a

quelle precedenti. Si hanno fratture nella Russia, lungo gli Urali, ve ne sono nel Brasile, e ve ne sono di tangenziali, ossia che non potevano corrispondere alla produzione di vulcani, nell'Africa australe, dove invece, per la prossimità del Polo, si hanno forti ripiegamenti e sviluppo di fenomeni glaciali.

Corrispondentemente al forte spostamento dei poli e quindi alla grande fratturazione della crosta terrestre, l' attività endogena, sopita durante il cambriano e risvegliatasi alla fine del siluriano, ha dato grandi manifestazioni nel devoniano. Ben poche delle regioni, dove si trovano depositi devoniani, furono esenti da manifestazioni, o eruzioni vulcaniche.

Si hanno intrusioni, dicche, e vere colate intercalate fra i depositi sedimentari, oltre chè accumuli di materiali di proiezione.

Sono principalmente: anfiboliti, eclogiti, granuliti, jalomicti, pegmatiti, trapp, sieniti, porfidi quarziferi, eufotidi, miaciti, e simili; roccie eruttive, interessantissime tutte, del devoniano.

Permo carbonifero. — Le regioni tropicali, ad onta dello spostamento dei poli che descriveremo, e che vediamo segnato sul planisfero, sono rimaste all' incirca le stesse dell' epoca precedente ed abbracciavano il Nord d' Europa, fino allo Spitzberg, la Russia meridionale, oltre al Nord America e l'Alaska.

I depositi di carbone fossile (1) stanno ad indicare un clima uniforme, caldo-umido, appunto quale è il clima tropicale dove si hanno costanti precipitazioni di pioggia. Però le pioggie abbondanti possono alimentare abbondanti vegetazioni erbacee e palustri (come sono quelle che originarono il carbon fossile) anche in clima temperati.

Nel periodo carbonifero ed in quelle regioni si ebbero abbassamenti a piccoli salti, alternati con periodi di sosta, e col resultato finale di un abbassamento totale. Così si sono potuti formare successivi strati di carbone, alcuni assai potenti, ma numerosi, uno sopra l'altro.

Nella stessa epoca si avevano, d'altro canto, delle formazioni glaciali ma *in tutt'altre regioni del globo da quelle dove allora si depositava il litantrace o l'antracite, e da quelle dove si hanno adesso i mari glaciali, o da quelli dove si ebbero i fenomeni glaciali postpliocenici.*

Il Waagen (Die carbone Eiszeit) e l'Haug dichiarano che i fenomeni glaciali dell'epoca, sono esattamente carboniferi. Alcuni li chiamano *permo-carboniferi* perchè sembra che l'epoca glaciale,

(1) Il carbon fossile è considerato caratteristico del carbonifero. Ma se ne depositò certo nel periodo devoniano (Alaska) ed abbiamo carboni di poco discosti dal tipo e dalla composizione dei carboni dell'epoca carbonifera nel permiano, nel trias, nel secondario, nell'oligocene (Venezuela) e perfino nel pliocene inferiore (maremma toscana). Sono le condizioni di clima che influivano, non l'età geologica.

cominciata nel *carbonifero* si sia prolungata anche nel *permiano*.

Nel permiano non abbiamo più veri depositi carboniferi, ma arenarie rosse (new red sandstone - Roth liegende) e depositi saliferi e gessiferi (1). Questi rappresentano climi caldi e asciutti, e si trovano, più o meno, nelle stesse zone ove si è formato il carbon fossile; ciò non infirmerebbe nulla, perchè nella zona torrida sappiamo che esistono due tipi, di climi, quello del caldo umido (India, America centrale, parte dell'Africa) e quello del caldo asciutto (Africa centrale, Arabia, parte dell'Asia, Australia).

La zona fredda, che presentava chiarissimi fenomeni glaciali, abbracciava l'Africa australe, l'India, l'Australia. Non pare che ivi si avessero alte montagne, atte a procurare quei fenomeni glaciali; del resto essi si presentano in una zona troppo estesa, per non doverli ascrivere a causa dipendente dalla latitudine, e quindi più generale.

Certo la zona è molto estesa, e si dovrebbe dire che la posizione dell'asse polare, in quella epoca, era quasi normale al piano dell'ecclittica, in modo da avere sulla Terra soltanto una zona torrida, e le due zone circumpolari.

La posizione di uno dei poli si individua bene

(1) Questo genere di depositi si trovano anche nel *trias inferiore* (grès bigarré - Bunt sandstein) per cui il trias, in questo, si riattaccherebbe più ai terreni permo-carboniferi, che ai secondari.

al centro delle regioni su cui furono accertati i depositi glaciali di quell' epoca, e la posizione capita sopra un punto dell'attuale *Tropico del Capricorno.* Il corrispondente punto, agli antipodi, capita presso al Messico, in regione dove non si son potuti accertare depositi di quell'epoca e quindi neanche i corrispondenti fenomeni glaciali.

Certo, però, la zona equatoriale del periodo carbonifero coincide benissimo e comprende le regioni dove abbiamo i depositi carboniferi di quell'epoca, o i depositi lateritici, gessiferi e saliferi del permo-trias. Ed essa abbraccia paesi che attualmente sono freddi e perfino glaciali. La cosa è incomprensibile per molti, per i profani sopratutto; ha dato origine a molte ipotesi ingegnosissime, di scienziati, e per noi, che non possiamo negare il fenomeno dello spostamento dei poli, è cosa tutt'affatto naturale, una delle solite, *che non poteva esser che così.*

Cambiamento di posizione dei poli si ebbe dunque fra il devoniano ed il carbonifero, e fu assai sensibile, benchè meno di quello che si ebbe fra l'algonchiano ed il cambriano o fra il cambriano ed il devoniano, Come vedremo, ne seguì uno fortissimo corrispondente al trias. Intanto, testimonianze di piegamenti e contorsioni nei terreni permo-carboniferi, ne abbiamo frequentissimi e cospicui.

Fig. 4. — Vulcano di Saline Hills (Scozia-Fife).
B, Basalto - *t*, Tufi basaltici, talora intercalati fra gli strati carboniferi.
c, Strati carboniferi.

Molte fratture a pieghe furono mascherate nelle epoche successive. Però si riconoscono delle direzioni dominanti, da S-O a N-E, in Inghilterra, Francia e Spagna, e da E a O, nelle Alpi occidentali.

Direzioni analoghe, cioè S-O a N-E, si hanno nella parte Nord orientale degli Stati Uniti, come negli Alleghany, e traccie di allineamenti E-O, in Asia, nell' Himalaya.

I fenomeni eruttivi furono di intensità rimarchevole, e le roccie eruttive del permo-carbonifero si trovano in tutto il mondo, ma forse specialmente in Europa, dove più specialmente si svilupparono le fratture geologiche dell'epoca.

Le roccie eruttive sono di varia natura, e specialmente nel permiano, se ne hanno di alternativamente acide e basiche, in tutte le

forme anche qui come nel devoniano, cioè di dicchi, di espandimenti, di laccoliti.

Salendo dalla base del carbonifero alla fine del permiano, abbiamo: minette, trapp, porfidi neri e quarziferi, varioliti, melafiri, porfiriti, retiniti, argillofiri, rioliti, ed euriti.

Riportiamo una caratteristica sezione data dal Geikie, per una località del mezzogiorno di Scozia, in cui è nettissimo l'apparecchio vulcanico, colla caratteristica che le roccie di espandimento o di proiezione, vanno ad interstratificarsi coi depositi carboniferi, mentre la vera roccia basaltica compatta mantiene la forma di emissione in forma di colonna o di dicco (fig. 4).

Mentre i poli subirono nei vari periodi paleozoici, dei forti spostamenti, come li vediamo indicati nel planisfero (Tav. I), certe regioni non hanno molto cambiato di clima in alcune parti della Terra.

Depositi tropicali o semplicemente di zone temperate, o anche di climi secchi a grande evaporazione, li abbiamo sempre, più o meno, nelle stesse regioni del centro e del Nord d' Europa. Manifestazioni glaciali, individuanti regioni fredde, le abbiamo:

nell'Algonchiano - nel Canadà, e Stati Uniti confinanti ed in Australia.
nel Cambriano - in Cina ed India setten.
nel Devoniano - al Capo di Buona Speranza (Table Land).

nel Permo-carbonifero (e anche Trias?) - di nuovo in Australia, India, Africa australe, mentre sull'emisfero opposto si dovrebbero avere al Messico.

L'idea, dunque, che nel periodo carbonifero dominasse un clima caldo umido, va rigettata (1) come quella che il clima fosse prevalentemente freddo nell'algonchiano e nel cambriano e caldo nel siluriano. In ogni periodo si ebbero regioni calde e fredde e anche zone temperate, come attualmente. Certo vi furono grandi spostamenti sul globo ed a testimoniarli, come le grandi fratture della crosta e i fenomeni relativi all'attività endogena a quella collegata, abbiamo la grande quantità e varietà di roccie eruttive, non solo attraverso i depositi di quelle varie epoche ma frammezzo a questi, e quindi, certamente, coevi.

(1) PERCIVAL LOWELL. *The Evolution of Worlds.* — Ascrive ad essere la Terra involta da nubi e quindi nell'umidità, il calore che si manteneva alla superficie del globo e permetteva le vegetazioni tropicali anche in regioni fredde. Egli ignora che sia stata constatata una zona glaciale polare, nel permo-carbonifero e non tien conto che, d'altro canto, secondo quelli che vogliono spiegare l'epoca glaciale postpliocenica, il clima umido sarebbe invocato come la causa che ha prodotto in tale epoca i ghiacciai.

L'umidità del clima, la nebulosità, servirebbero dunque per qualcuno a spiegare la vegetazione tropicale in regioni polari e, per altri, i ghiacciai presso l'equatore o almeno, in regioni assai temperate. Ciò è assurdo e nei due casi, inesatto.

§ IV. — Epoca mesozoica.

(Triasico) Liasico - giurassico - Cretacico (Eocene)

In questi periodi, distinguiamo il triasico di cui una parte, la più antica, risente ancora delle distribuzioni climatiche del permo-carbonifero, e l'eocene, che si riattacca ancora al secondario, forse anche con una parte del miocene, per la stessa ragione. Quindi l'epoca geologica, distinta come mesozoica, è un poco differente da quella che ebbe per caratteristica la posizione dei poli che è distinta colla lettera *g* nel nostro planisfero (Tav. I).

Questa posizione è quella nella quale si è fermata la Terra, ruotando intorno all' asse polare, per molto, moltissimo tempo, tanto vero che si poterono accumulare depositi calcari, di straordinaria potenza, alcuni dei quali hanno veramente la caratteristica del *plankton* dei mari profondi.

Il cambiamento di posizione da *p.c* a *g*, avvenne in modo relativamente brusco, durante il primo periodo triasico, e avvenne un poco più gradatamente da *g* a. *q*, ma accentuandosi l'ultimo cambiamento, come vedremo, nel postpliocene.

In certo modo, dunque, la Terra arrivata alla posizione in cui i poli erano *g-g*, si è fermata per lunghissimi secoli e centinaia di secoli, fino quasi al pliocene.

Haug dice che vi erano, nell'epoca mesozoica, solo due generi di zone, la tropicale e le boreali.

Ma noi spieghiamo la cosa facilmente, e non supponendo che l'asse polare fosse normale o quasi al piano dell' orbita, condizione che, come si sa, farebbe sparire le zone temperate.

La Terra non presentava grandi rilievi montuosi, ed una grande estensione di mare, dei quali erano popolati i meno profondi, da animali che ora troviamo fossili. Infatti, la grande estensione dei mari conduce ad uniformità di clima, rendendo temperate anche le regioni a temperature estreme.

Correnti marine avranno contribuito, come ora il Guelf Stream, a rendere più calde le zone temperate, e la mancanza di alte montagne ha certamente tolto una delle cause di frescura che porta ad aver clima invernale rigido delle regioni che pur sono nelle zoné temperate.

Gli animali a tipo prevalentemente tropicale, potevano così vivere sopra una estesa zona, che senza essere tutta torrida, era più calda delle nostre zone temperate.

La fauna marina è neritica (o a 200 metri di profondità) o al più *batiale* (200 a 1000 metri). La fauna abissale non è conosciuta, forse in quella si generavano quei calcari che troviamo privi di fossili, e che più sembrano venire da un *plankton*. La fauna terrestre, data la mole e la pesantezza dei suoi rappresentanti, quadrupedi e volatili, manifesta la mancanza di erte pendici e di alte

montagne; gli anfibii, enormi, salivano facilmente i dolci pendii delle spiaggie, per venire dal fondo delle acque a far preda o a godere il sole, sulla superficie emersa.

Si vede bene una zona boreale ed anche una australe, che diventa chiarissima nell'eocretacico.

L'Europa era sotto il clima tropicale o temperato caldo.

Lateriti tropicali, diventate poi *bauxiti*, abbiamo in Francia ed in Abruzzo. Invece, sulle coste occidentale della Groenlandia, troviamo vestigia di flora ricchissima che dimostra come, durante l'epoca cretacica, il clima di quelle regioni era temperato.

Una zona polare passa per una parte dell'Argentina, la Patagonia, la Terra di Graham, e tocca il Capo di Buona Speranza. Facilmente si rintraccia la posizione della zona polare corrispondente.

La posizione di un polo doveva dunque essere spostata a N. E. della Terra del Fuoco, e perciò l'abbiamo segnata in *g*.

Lo spostamento del polo, da *pc* a *g* è di 90° circa, ed è avvenuto al principio dell'epoca triasica.

E' difficile trovare l'andamento delle fratture createsi, ma abbiamo invece abbondantissime, e sparse in tutto il mondo, le roccie eruttive. I rilievi orografici si cambiarono completamente, ma appunto per questo, si sono spianate le montagne

dove esistevano, e si è rialzata una zona dove era depressa. Così si è preparata la fisionomia a tratti dolci, del secondario vero. Ma nel periodo di transizione, triasico, ripetiamo per il grande disturbo avvenuto, troviamo abbondantissime le manifestazioni endogene, sotto forma di roccie eruttive.

Sono roccie di un tipo basico, preferibilmente, e dobbiamo ascrivervi le roccie ofiolitiche dei Pirenei e, forse, quelle che si vogliono metter tali, nelle Alpi occidentali e in Liguria, i melafiri della regione alpina tirolese e orientale, dei gabbri, e delle spiliti, oltre a melafiri amigdaloidi e labradoritici.

Se ne hanno in Alaska, come alla Nuova Zelanda, nelle Ande e al Messico, e insomma in tutte le regioni triasiche ben stabilite.

L'Haug, in una figura (294) tenta di dimostrare quale era la conformazione delle terre emerse nell'epoca triasica, e mette in evidenza le correnti di emigrazione delle faune marine. Si vede benissimo che queste erano principalmente costituite da animali che vivevano in climi caldi, e andavano cercando le zone a loro adatte; per lo spostamento dei poli, diventavano fredde alcune regioni che prima erano calde, emergevano terre là dove prima erano mari e viceversa, e le faune, oltre che modificarsi, si spostavano.

Roccie eruttive dei periodi posteriori al tria-

sico, invece, si può dire che non se ne conoscono, salvo delle laccoliti di roccie basiche in Crimea, o delle porfiriti nelle Ande; altre roccie eruttive che si credono giura-liasiche, e grandi fenomeni di metamorfismo che interessano profondamente certi depositi dello stesso periodo, ci sembrano posteriori, e precisamente dovuti al grande sconvolgimento posteocenico.

Nell'epoca cretacica ci furono bensì dei movimenti, ma piuttosto regolari e limitati alla penetrazione graduale di mari, dove erano terre, o graduali emersioni di queste, ma anche in questo periodo del secondario, roccie eruttive non se ne possono precisare. I basalti che hanno talvolta penetrato i depositi cretacei, e vi si sono talvolta insinuati largamente, come a Capo Pachino, sembrano tutti di epoca posteriore.

Si ascrivono all'eo-cretaceo i trapp estesissimi della penisola indiana; questo può essere; del resto una eccezione non distrugge la regola della tranquillità che ha dominato in quel lungo periodo geologico.

§ V. — Epoca cenozoica.

Terziario. — Il terziario comincia coll'eocene, e precisamente col nummulitico. Ma la linea di separazione fra esse ed il cretaceo non è netta; basta vedere le regioni fosfatiche della Tunisia,

della Tripolitania e dell'Egitto, dove si passa insensibilmente, come stratificazione e persino, si direbbe, come fauna fossile, dal cretaceo superiore.

Anche in Somalia, come in varie parti d'Italia (Sicilia - Calabria, specialmente) non vi è alcuna trasgressione fra i depositi delle due epoche, e questo si rende manifesto piuttosto all'epoca dell'eocene, come vediamo nel resto d'Italia, nelle Alpi, ecc., ecc.

Per questo abbiamo riattaccato l'eocene, in parte, alla età in cui la Terra godeva la tranquillità dell'epoca secondaria, la scarsità di rilievi terrestri, o almeno la poca asprezza delle pendici, ed in cui si avevano grossi animali sul pianeta (nell'eocene inferiore si trovano ancora Megalosauri e Dinosauri).

L'Italia era sotto ad un clima tropicale. Il cambiamento avvenne più tardi dell'eocene inferiore, e anche del medio; le masse serpentinose che troviamo fra i calcari e gli scisti del nostro eocene medio o superiore, non hanno ancora, a vero dire, l'aspetto di vere roccie eruttive, vomitate da vulcani, ma lo prendono le diabasi ed i gabbri, e le eufotidi, che accompagnano alcune serpentine eoceniche. Lo sconvolgimento delle argille scagliose, che sono nell'eocene medio, sta pure a dirci che il grande spostamento dei poli avvenne verso la parte superiore dell'èra eoce-

nica, forse fra il medio ed il superiore, eocene (1).

Il polo cominciò ad avvicinarsi all'Italia, ed il clima di questa divenne temperato. Nel medesimo tempo si avviavano a cambiamenti radicali i climi di altre regioni, specialmente alcune, dato che lo spostamento finale e totale, che si ebbe nel postpliocene come il suo massimo, fu di circa 90° (V. Tav. I).

Il forte spostamento dei poli fu causa di grandi fratture e grandi movimenti nella crosta terrestre. Sorsero grandi catene di montagne, come le Alpi, il Caucaso e, pare anche, l'Imalaia.

Si produssero, lungo le fratture radiali, emissioni di prodotti vulcanici di tutti i tipi, dal più basico al più acido, cioè dai basalti alle trachiti e domiti, con tutte le gradazioni intermedie, e l'attività endogena è stata vivissima, con produzione anche, e certamente, di acque termali ed emanazioni mineralizzanti. Forse i depositi solfiferi sono dovuti ad azioni consimili, che hanno trasformato depositi preesistenti.

Le grandi masse di gesso, che accompagnano le formazioni solfifere, ma sono sovrapposte a queste, dovrebbero spiegarsi con depositi di bacini chiusi, in climi asciutti e caldi; ma potrebbero

(1) Roccie eruttive del Vicentino si indicano come eoceniche, perchè stanno, dice Haug, tra la scaglia ed i calcari del *Luteziano*. Ma adesso, anche la *scaglia* si vuol ritenere eocenica.

anche esser state formate da emanazioni abbondanti di acque solfidriche. Tutto ciò però esula alquanto dal campo della nostra planetologia e non vi insistiamo.

§ VI. — **Postpliocene - Conclusioni.**

Il postpliocene è da alcuni ritenuto come *quaternario*, da altri fu posto alla parte più alta del pliocene, ossia del *terziario.*

Lyell lo chiamò *pleistocene;* Doderlein adottò il nome *siciliano.* Questo periodo geologico, recentissimo rispetto alla storia geologica del nostro pianeta, antico rispetto all'uomo, perchè anteriore alla venuta di questo, è caratterizzato dalla venuta dei fenomeni glaciali, in Europa, di cui abbiamo le traccie chiarissime ed importantissime in tutta questa parte del mondo, e specialmente interessanti per noi, quelle nelle nostre Alpi (1).

Mentre i ghiacciai scendevano dalle Alpi verso, o fino, la pianura padana, nel mar Tirreno, sulle coste della Sicilia e della Calabria, fino a poco

(1) Charpentier, nel 1834 osservava come le Alpi devono esser sorte recentemente, causando un cambiamento di clima tale che si ebbero i ghiacciai là dove prima allignava la *Chamerops humilis.*

Nella Tav. I, abbiamo posto la posizione del polo, denominata q, proprio nel Mediterraneo. Non intendiamo, come per tutte le altre posizioni, del resto, di aver individuato esattamente la posizione del polo in quell'epoca, ma di accentuare lo spostamento subito dal polo stesso, e la regione in cui fu caratterizzata e più accentuata la conseguenza del cambiamento di posizione dell'asse polare.

prima bruciate dal sole tropicale, dominava il clima delle regioni boreali, e vivevano organismi, che ora troviamo fossili, propri dei nostri mari freddi e, anzi, alcune specie caratteristiche dei mari glaciali.

Alcune di queste specie si trovano viventi a qualche profondità, nell'Atlantico, dove passano le correnti fredde provenienti dal mare polare, in corrispondenza di ritorno all'equatore, a quello che è il *Gulf-stream*, che va dall'equatore al polo.

Però in Sicilia e Calabria si tratta invece di fauna veramente boreale, perchè, oltre a specie che non vivono che presso al littorale, troviamo nei depositi postpliocenici, abbondantissimi, dei rizomi di canne palustri littoranee, ed altri vegetali fossili che caratterizzano depositi avvenuti a poca profondità (1).

Siamo dunque in presenza di fatti che ci consigliano ad ammettere che anche sull'Italia e sul mar Tirreno incombeva un clima glaciale, al quale si deve ascrivere lo straordinario sviluppo dei ghiacciai.

E diciamo straordinario, dal momento che

---

(1) Nel postpliocene di Calabria e di Sicilia troviamo le seguenti specie boreali:

Tellina calcarea Chernn. — *Cochloderma praetenuis.* Pultu.
Saxicava pholadis L. — *Buccinum Humphreysianum.* L.
Natica Montacuti Forb. — e specialmente *Cyprina islandica* L.
Mya truncata L. — *Buccinum groenlandicum* Chenn, ecc. ecc.

troviamo nelle valli alpine enormi colline arrotondate, come a Condove, in fondo alla valle della Dora Riparia, e le roccie arrotondate (moutonnées) e striate a più di 1000 metri più alte, sul fianco della valle.

Vi ha chi sostiene che lo sviluppo dei ghiacciai è dovuto al clima umido che regnava in quell'epoca; ma questa ipotesi è facilmente respinta osservando che il clima umido non è freddo e non dà precipitazioni di neve con formazione di ghiacciai potenti, ma precipitazioni di pioggia. Lo stesso clima umido fu invocato per spiegare una temperatura mite, anzi tropicale, nelle regioni nordiche, nell'epoca carbonifera. Non si saprebbe poi dare spiegazione della venuta, di questo clima umido, quasi improvvisamente dopo che nelle stesse regioni regnava un clima torrido, passato gradatamente al temperato.

Abbiamo detto che questo clima glaciale incombeva sull'Italia e sul Tirreno; eguali testimonianze della presenta dei ghiacciai, identici depositi fossiliferi, si sono trovati a caratterizzare l'epoca postpliocenica, alla Nuova Zelanda (1).

Non è certamente fortuita questa circostanza, che due regioni situate agli antipodi, nella iden-

(1) Andrews. Spiega il fatto con una invasione glaciale, e ammette un ripiegamento e innalzamento delle formazioni a 200 metri sul mare (*Geographie*. Paris, Vol. XIV, n. 5, 1901 - Boll. Soc. Geografica Italiana, dicembre 1906).

tica epoca geologica, presentino fatti identici e così salienti ed importanti quali i depositi marini con fossili di mare glaciale, e le tracce di grande sviluppo dei ghiacciai.

A Mortlake, alla foce del Tamigi, in depositi del pliocene superiore, J. W. Jackson e A. S. Kennard hanno trovato le valve fossili di *Unio margaritifera*, conchiglia dei mari assolutamente caldi. Se il polo era nel Mediterraneo al postpliocene, ne distava ancora nel pliocene, che è caratterizzato per l'Italia, da fauna di mare ancora temperato; e quindi, mentre l'Italia era temperata, l'Inghilterra era tropicale o subtropicale, e divenne regione polare anch'essa, quando il polo venne nel Mediterraneo e poi, gradatamente, si ritirò alla posizione attuale (1).

Morlot, nel 1854 ha detto che in Svizzera si ebbero due periodi glaciali ben distinti.

Hitchcock, nel 1861 e 1862, ha espresso l'idea che un periodo glaciale può ripetersi là dove già si erano avuti fenomeni glaciali, e senza dubbio aveva intravveduto i testimoni dell'epoca glaciale precarbonifera, nella sua America settentrionale.

A. Gaudry, studiato il giacimento contenente ossa di renne a Montreuil, presso Parigi, ammette una fase calda, pliocenica, nel bacino parigino, seguita da una fredda (postpliocenica - epoca dei

(1) *The Nature*, 21 ottobre 1909.

ghiacciai) poi altra fase calda, seguita da una temperata, poi di nuovo una fredda e finalmente quella temperata attuale.

Haug (1) arriva addirittura a tre glaciazioni successive, con ritiro, e di nuovo avanzamento dei ghiacciai (2).

A noi pare che non possa essere altrimenti. Per uno spostamento di posizione dei poli, così importante, si producono dei sollevamenti di montagne, che creano nuovo squilibrio nella massa terrestre, ed un movimento retrogrado; poi si ristabilisce il senso dello spostamento, e così via dicendo.

Questo deve esser successo per ogni forte spostamento dei poli, ma noi per le epoche antiche non possiamo afferrare queste oscillazioni, come lo possiamo fare per la epoca geologica a noi più vicina. Anche il definitivo cambiamento, ha contribuito poi a dare, per la Scandinavia, ad esempio, l'idea di una terza glaciazione, mentre per la Francia e la Svizzera non ne indicherebbero che due il Gaudry ed il Morlot (3).

---

(1) *The Nature*, 21 ottobre 1909.

(2) E. HAUG. *Traité de géologie - Les Periodes géologiques*. Fasc. 3 - dicembre 1911.

(3) Dopo tutto però, anche le faune di grossi mammiferi, e la flora arborea dimostra una latitudine circumpolare per l'Europa media e meridionale. L'*Elephas primigenius*, il *Rhinocerus tichorhinus*, l'*Oribus muschatus* si trovano in Francia, Spagna, Italia. Il *Pithecanthropus* fu trovato a Giava e nel dipartimento delle Corrèze, in Francia; regioni che erano, nell'epoca quaternaria inferiore e media, circumpolari.

Anche la sola creazione dei forti rilievi montuosi ha contribuito a mantenere in un dato punto la glaciazione più a lungo; tanto vero che i ghiacciai sono rimasti in regioni montuose, in zone temperate e perfino nella zona torrida.

Certo non possiamo ammettere l'idea di Stanislao Meunier (1) che l'epoca glaciale abbia agito su tutta la Terra al medesimo momento.

Dall'ultimo periodo glaciale, ad ora, i poli si sono spostati ancora una volta e pare che adesso la Terra abbia assunto uno stato di equilibrio per cui grandi variazioni nella posizione di quelli non debbano più avverarsi.

Piccole variazioni potranno avvenire, oltre alla nutazione, attribuita alle maree, ed ai piccoli movimenti di cui abbiamo parlato. I grandi fiumi che portano al mare, sotto forma di melme, grandi masse di materia, tolte alle montagne per erosione ed abrasione, sono tutte nella zona tropicale. Forse quelle masse si equilibrano nei loro spostamenti, quasi completamente, e le piccole variazioni delle latitudini che misuriamo, dipendono appunto dal non esser completo quell'equilibrio.

Si vorrebbe dare una certa importanza alla *invasione desertica*, ossia all'invasione da parte delle sabbie desertiche di regioni che furono col-

(1) S. Meunier. *Evolution des théories géologiques.* Félix Alcan - Paris, 1911.

tivate ed abitate. Così in Egitto il deserto è arrivato alle piramidi e le sabbie coprirebbero la Sfinge, se non ne fossero artificialmente rimosse, ed il tempio sottostante; nella Libia, le sabbie desertiche coprono antiche ville romane; nella America del sud, grandiosi templi degli Incas sono adesso in regione desertica.

In parte queste invasioni sono dovute all' abbandono di coltivazioni e alla distruzione di piantagioni che formavano argine alle sabbie, già minacciate. Ma crediamo che anche il costante consumo di acqua possa bastare a spiegare il resto.

Per poco che le precipitazioni acquee fossero superiori alle attuali, per certe regioni, potevano bastare a mantenere una vegetazione nella zona limite, fra il deserto e le terre coltivabili.

Il deserto, detto arabico, benchè sia egiziano, ebbe un' epoca di pioggie torrenziali, cioè era zona torrida a grandi pioggie, quando il polo era più lontano (poco prima del postpliocene); poi divenne zona subtorrida asciutta, e definitivamente desertica, ma ancora vi andavano a lavorare i cavatori di pietra per conto dei Faraoni, ed i minatori, cosa che adesso non sarebbe più possibile. Si lavavano sabbie aurifere in grandi quantità dove adesso sono ancora, bensì, dei pozzi abbondanti, ma solo bastevoli a dissetare i commelli delle carovane (1).

(1) E. Cortese. *Traversata del deserto arabico da Chena a Cosseir*. Boll. Soc. Geografica Italiana - 1° febbraio 1912.

Dopo è diventato vero deserto.

Basta poco a cambiare il clima di una regione. Chi potrebbe dire i cambiamenti di clima che porterebbe nel bacino Mediterraneo l' esecuzione del progetto di invadere di acqua il Sahara (non tutto, chè è impossibile essendovi parti di grande attitudine) nella parte il cui livello è inferiore a quello del Mediterraneo, o se si colmasse di acqua la depressione ove è il Mar Morto?

Forse per l' Italia sarebbe un cambiamento sensibilissimo. Eppure queste sono piccole modificazioni dello stato superficiale terrestre, che non sono comparabili a quelle, sostanziali, che portava con sè uno spostamento della posizione dei poli.

Il clima dell'eocene si manteneva tropicale nel Mediterraneo, perchè così lo indicano le faune fossili dei depositi sedimentari di quell' epoca, e anche quelle del miocene e del pliocene indicano che il clima si manteneva, per lo meno temperato.

Dobbiamo però riscontrare che dei movimenti dovevano avvenire, perchè, mentre alla fine del miocene e nella zona di passaggio fra il miocene ed il pliocene, abbiamo depositi di lagune salate, e quindi sale, solfo e gesso, al principio del pliocene, troviamo nelle stesse località dei depositi di mare piuttosto profondo (marne a foraminifere) susseguiti da argilla, e non è che alla parte

superiore del pliocene che i depositi si fanno di natura littorale o per lo meno caratteristici di mare poco profondo.

Fenomeni simili si hanno in altre regioni del globo, e ci indicano che, senza che avvenissero grandi cataclismi, la crosta terrestre subiva dei cambiamenti sensibili, in determinati punti.

Ma roccie eruttive si formavano e si espandevano anche in questo periodo, fra l'eocene ed il miocene; è specialmente l'eocene, e non quello inferiore, che mostra una ripresa della attività endogena, però con roccie che hanno un modo di venuta dissimile dalle vere roccie eruttive. Lerzoliti, e serpentine, gabbri, eufotidi, ofiti, hanno frequentemente l'apparenza di grandi focaccie, intercalate fra depositi sedimentari, senza che questi manifestino alterazioni al contatto, senza che sia possibile trovare la via di venuta di quelle roccie.

Altre volte però, i depositi sedimentari sono molto disturbati ai contatti, anche se non si vedono gli apparecchi vulcanici da cui quelle intrusioni, o gli espandimenti, provengono.

L'aspetto di emanazioni vulcaniche però, in certe regioni, come nella regione emiliana è completo, perchè si trovano benissimo individuati i tufi ed i prodotti di proiezione, che accompagnarono quelle roccie.

Chiaramente eruttive sono le daciti, le trachiti, le dioriti orbicolari, ed i basalti.

L' ultimo grande cambiamento della posizione dei poli, e cioè da quella dell'epoca glaciale (regione mediterranea uno, e pressi della Nuova Zelanda l' altro) a quella attuale, ha portato le grandi fratture geologiche, sulle quali troviamo *tutti* i vulcani attuali, che ne dipendono che e servono anche ad individuarle.

Come si è detto però, essi individuano specialmente le fratture di tipo radicale, ossia quelle che affettano le regioni che da circumpolari divennero temperate o torride.

I vulcani e la grande frattura, presso la costa del Pacifico, dell'America centrale, hanno allineamento che corrisponde ancora alla posizione dei poli durante il postpliocene *(epoca glaciale* comunemente detta), mentre quelli delle Ande meridionali, corrispondono alla posizione attuale. Gran parte dei primi sono estinti, ma in ogni modo la regione ha conservato, per due epoche successive, il suo carattere di posizione tropicale, che la mette in condizione di aver avuto e di avere, grandi fratture, spostamenti, e vulcani potenti, cosa che si può ripetere per certe zone di isole negli oceani Indiano e Pacifico.

Il planisfero (Tav. I) che accompagna questo scritto, dimostra sei posizioni diverse, dei poli, le estreme, o caratteristiche raggiunte da essi nelle epoche: algonchiana - cambriana - devoniana - permo-carbonifera - mesozoica - postplio-

cenica. L'attuale, nel planisfero non è segnata, perchè il genere di proiezione la porta a distanza infinita.

Le sei posizioni sono, naturalmente approssimate, ma non cervellotiche certo. Le abbiamo messe dove i cospicui testimoni di regioni e fenomeni glaciali, nelle varie epoche, conducevano al riconoscere la vicinanza di un polo.

Qualche volta, mancando le informazioni per collocare i poli, ci siamo serviti di quelle che indicavano, prossimamente, l'andamento della zona torrida in quel periodo.

Abbiamo poi tracciato l'andamento dell'equatore, in ognuna delle sei epoche. Sono tracciamenti sommari, anche come esecuzione, perchè le curve che sono elittico-elicoidali, non completamente sviluppabili, avrebbero richiesto, per il loro tracciamento un lungo lavoro, e questo era superflo, perchè volevamo, con queste linee, rendere soltanto visibile le posizioni della zona equatoriale, nei varii periodi, corrispondenti alle posizioni dei poli fissate. Vediamo così assai ben confermate le cose dette nel capitolo che qui si chiude.

Vediamo principalmente come nel devoniano e nel permo-carbonifero, le regioni polari, come lo Spitzberg, o fredde come il Nord d'Europa, il Nord America, ecc. potevano esser tropicali, o per lo meno temperate, ed avere grandi pa-

ludi ove si produceva la vegetazione abbondante che ha dato luogo al carbon fossile. Perfino la esistenza del carbon fossile trovato da Shackleton nelle terre polari australi, rimane così giustificata e spiegata.

Nello stesso tempo erano polari l'Oceano Indiano e le terre che lo racchiudono, mentre agli antipodi, abbiamo in special modo l'Oceano Pacifico, che non ci può rivelare fenomeni glaciali.

Nel passaggio attraverso al trias, per arrivare alla posizione di cui hanno soggiornato i poli e l'equatore, per lunga pezza, si ha da notare un cambiamento bruschissimo, che però non avvenne tutto ad un tratto, e così le specie migrarono modificandosi, dalla posizione che occupavano nell'America del Nord, verso le Antille, o dall'India verso la Nuova Zelanda (citiamo qui i nomi di continenti attuali, che a quell'epoca non esistevano o avevano tutt'altra forma). Ma quello che si nota è che restavano in regione fredda la Patagonia ed il Capo di Buona Speranza, mentre il Mediterraneo era torrido, e ce lo dicono i depositi eocenici italiani.

Un cambiamento, naturalmente brusco, ha fatto rinfrescare tanto il Mediterraneo, che al postpliocene era mare polare, coi ghiacciai nelle Alpi, contemporanei a quelli della Nuova Zelanda.

L'ultimo cambiamento, quaternario, ha portato definitivamente i poli alla posizione attuale, dando

l'assetto alle zone climatiche che l'uomo ha trovato sulla Terra, quando vi è apparso la prima volta.

Il polo si sposta ancora; vi è il movimento di nutazione, vi sono quelli minori, che si studiano con gran cura, e che non arrivano, fra le posizioni estreme ad 1″, con movimenti quasi spiraloidi, ma nulla sta a farci credere, almeno per ora, che si debbano avere i grandi *ribaltamenti* delle epoche primitive della Terra, o per lo meno di quelle anteriori alla comparsa dell'uomo.

In un giornale inglese recentissimo (1), è apparsa la notizia che presso Ipswich fu trovato uno scheletro umano, sotto ad uno strato di argilla glaciale a massi conglobati *(boulder clay)* sottostante a sabbie del periodo glaciale medio.

Si è dichiarato che lo strato di *boulder clay*, di 1.40 di spessore, era a posto, indisturbato.

Sarebbe il più antico scheletro umano trovato, e di un uomo che sarebbe vissuto nel più crudo periodo glaciale.

Lo scheletro, ben esaminato, fu riconosciuto aver tutti i caratteri dell'uomo moderno; non aveva nessuna di quelle caratteristiche, sulle quali non ci può essere errore, della razza detta degli antropofagi inglesi *Neanderthal*, che apparterrebbe al periodo quaternario *Musteriano*.

(1) La notizia è del Times, 1º febbraio 1912, e riportata in *The Nature* n 2206 - Vol. 88 - 8 febbraio 1912.

Siccome l'ambiente non doveva esser abitabile da un uomo avente le caratteristiche dell' uomo moderno, e siccome la *boulder clay* del glaciale quaternario, è ben lungi dall' essere un terreno che non si muove per scorrimenti, ci permettiamo di credere, come pare credano gli scienziati inglesi cui fu comunicata la scoperta, che per un lento scorrimento recente, quella sia arrrivata, senza apparenza di disturbi, a sovrapporsi a resti molto più recenti.

Faremo rimarcare come si siano avuti dei periodi di non decisa fisionomia, rispetto alla distribuzione dei climi e delle latitudini, sul pianeta; si ebbe una specie di tentennamento nella posizione dei poli.

Sono precisamente: il *siluriano*, il *triasico* (che abbiamo dovuto unire in parte all' epoca paleozoica ed in parte alla mesozoica) l'*eocene* (che abbiamo unito in parte all'epoca mesozoica e in parte al *terziario*) ed il *quaternario.*

Per l'eocene, e miocene, è ben chiara l' alternanza e la ripetizione di climi, in certe regioni, fra l'eocene medio ed il miocene medio.

Marcatissimo sarebbe il tentennamento dell' epoca posteriore al pliocene, in cui si presenterebbero, nelle stesse regioni, 2 o 3 periodi di glaciazione, con intermedi periodi di climi quasi temperati.

In una nota, nel Cap. III, abbiamo spiegato

le ragioni di questi tentennamenti o indecisioni e vediamo che corrispondono, infatti, ai grandi spostamenti dei poli, che causavano sollevamenti di grandi montagne, e sprofondamenti di continenti, per cui ne seguivano forti oscillazioni, prima che il pianeta trovasse il suo equilibrio in una posizione dei poli, resultante di tanti movimenti.

Infatti i principali spostamenti da noi segnati sarebbero:

1° fra l'*algonchiano* ed il *cambriano*, e per questo è difficile trovare le traccie delle oscillazioni conseguenti, di climi e latitudini.

2° fra il *cambriano* ed il *devoniano*, ed il siluriano ci mostra qualche indecisione in proposito.

3° dal *devoniano* al *permo-carbonifero*, non fu grande lo spostamento e forse graduale.

4° dal *permo-carbonifero* al *secondario*, fu grandissimo, ed abbiamo notevoli oscillazioni di climi durante il triasico.

5° dal *secondario* al *postpliocene*, pure grandissimo, con forti oscillazioni nell'eo-miocene.

6° dal *postpliocene* all'*attuale;* spostamento fortissimo, colle oscillazioni dell'epoca glaciale.

Tutto viene bene a confermare anche i particolari del fenomeno.

CAPITOLO V.

FRATTURE GEOLOGICHE E LORO RAPPORTI COLL'ATTIVITÀ ENDOGENA

§ I. — **Allineamenti.**

Le fratture geologiche sono di varia importanza, ve ne sono che si seguono per chilometri e centinaia di chilometri, mentre altre sono piccole e corte. Alcune rigettano un terreno molto antico, in contatto con uno relativamente recente, altre spostano solamente uno strato rispetto all'altro.

Nello studio geologico di una regione, sono tutte interessanti, ma certamente quelle più cospicue e alle quali corrisponde un maggiore spostamento, lo sono più di quelle piccole e di poco rigetto.

Nell'industria mineraria, sono importanti tutte,

per il dislocamento delle varie parti del' giacimento che si intende sfruttare con una miniera. Le grandi faglie interrompono completamente il giacimento, di cui non si trova più, talora, la parte rigettata, perchè spostata troppo lontana e anche distrutta; le faglie, relativamente piccole, almeno geologicamente parlando, obbligano a fare dei lavori di tracciamento speciale, per andare a ritrovare la parte di giacimento spostata; ma questa esiste.

Generalmente ad una grande faglia corrisponde un sistema di faglie minori, più o meno parallele alla prima, ma anche una rete di faglie con due direzioni devaricanti dalla prima.

Occupandoci più di planetologia, che di geologia e, in ogni caso, non di geologia di dettaglio, è inutile occuparsi delle piccole faglie. Dobbiamo considerare soltanto le grandi fratture, ossia le linee di frattura, che interessano, non un particolare piano geologico, ma la crosta terrestre, e che inspirano un concetto geognostico anche più vasto di quello che si riferisce alle faglie dette *tettoniche*, che pur sono comprese colle linee di frattura della crosta.

Più che parlare di faglie o di fratture, dovremo parlare di *allineamenti*.

Sopra un allineamento troviamo tanti fatti: geognostici, geografici, geologici, i quali corrispondono alla stessa linea di frattura, senza che

per questo, su tutto il percorso si possa riconoscere la frattura stessa.

L'idea delle grandi fratture, ed il riconoscimento della importanza di queste, non è molto vecchia, e Suess fu quello che, per primo forse, vi si applicò metodicamente.

Tuttavia vi sono ancora molti geologi, e più giovani del Suess, che negano le fratture e la loro importanza; specialmente negano gli allineamenti che le caratterizzano, e non ammettono che un vulcano, un grande rigetto geologico, un ripido gradino montuoso, delle sorgenti calde, una vallata stretta e lunga, tutti allineati sopra un medesimo arco di meridiano, rappresentino un allineamento geologico, o meglio, planetologico.

Fortunatamente la scienza avanza sempre, ad onta di qualche suo cultore, che cerca di frenarne i passi perchè lui stesso non può seguirli e così fu sempre e sempre sarà. Attualmente i migliori geologi, ed i sismologi specialmente, di tutto il mondo, sono d'accordo nel dare la massima importanza a questi allineamenti.

Gli allineamenti seguono delle linee prossime alla retta, quando non sono realmente rettilinei. Veramente si tratta di archi di circolo massimo.

Suess (1) dice che vi è su tutto il nostro pia-

(1) Die Brüche des östlichen Afrika.

neta una tendenza a fissurarsi lungo dei meridiani.

Se osserviamo la figura di Mercurio (Parte II) vediamo in esso delle linee scure, che sono vere fratture come si è detto colà, ben coincidenti coi meridiani, e rappresentanti gli allineamenti dominanti sul pianeta.

Sulla Terra, date le idee da noi espresse nel capitolo relativo agli spostamenti della posizione dei poli, è naturale che alcuni allineamenti principali si abbiano lungo dei meridiani, e che, se nuove fessure o fratture si accennano, sieno così disposte.

Col rigonfiamento all'equatore, causato dalla rotazione, le screpolature che si producono, devono tutte essere nella zona tropicale, e dirette da Nord a Sud. Lo stesso, prevalentemente, è accaduto su Mercurio, dopo che i poli vi hanno preso la posizione attuale.

Ma altre fessure si sono prodotte sulla superficie terrestre, ed attraverso la sua crosta, e ciò, non solamente per il raggrinzarsi delle parti che, ultimamente, cioè terminata l'epoca glaciale, da polari divennero tropicali o quasi, ma per i precedenti spostamenti della posizione dei poli, i più accentuati dei quali avvennero:

a) al passaggio dall'Algonchiano al Cambriano;

b) al passaggio dei terreni primitivi al secondario;

c) al passaggio dal cretaceo all'eocene o, meglio, durante l'eocene;

d) nel passaggio dal pliocene al postpliocene (origine della nostra epoca dei ghiacciai);

e) alla fine del postpliocene.

Gli allineamenti corrispondenti ai cambiamenti *a*) e *b*) saranno probabilmente obliterati; solo qualche trasgressione geologica importante manifesta gli spostamenti, ma le fratture non si riconoscono più. Le fratture causate dal cambiamento *c*) sono ancora rintracciabili, e quelle dipendenti dai recentissimi e molto accentuati spostamenti *d*) ed *e*) sono certamente ancora tracciabili nelle superfici rimaste emerse, e specialmente in base ai fatti geologici-stratigrafici.

Nuove fratture, intersecando, sotto un angolo più o meno acuto, altre esistenti, possono spostare queste, o esserne spostate; il resultato è che alla superficie terrestre, l'allineamento non è più assoluto, ma è fatto a zig-zag pur mantenendo una direzione principale, dominante, ben chiara.

Quella forma a zig-zag è l'indizio che due sistemi di fratture coesistono; il più importante, è quello che corrisponde ai tratti più lunghi, il meno importante, ed anche, quindi, il più vecchio, è quello che dà i tratti piccoli.

Il Richtofen, per l'Asia, stabilisce addirittura una rete di frattura, formata da due serie, di

cui una disposta secondo i meridiani, ed una diagonale, corrispondenti entrambi a linee tettoniche di dislocamento.

Secondo lui, altri allineamenti paralleli all'equatore, appartengono ad un sistema di linee di inflessione.

Vi sono linee che corrono, benchè alquanto deformate a zig-zag, per più di mille chilometri, attraverso l'Asia.

L'Hobbs ha trovato che, per gli Stati Uniti d'America si ha qualcosa di analogo. Là vi sono allineamenti di fratture secondo meridiani, altri secondo paralleli, e finalmente altri due sistemi, secondo le diagonali. Dove i due primi sistemi sono ben chiari, quelli diagonali sono molto meno decisi.

Molte volte, basta l'esame di una carta topografica, ben fatta, per rendere evidenti questi allineamenti che corrono lungo i dirupi delle montagne, individuano vollate lunghe e strette, o passano per punti singolari attraverso i quali si manifesta l'attività endogena.

Chi ha veduto le coste dirupate della Calabria, fra Palmi e Bagnara, o la struttura geo-morfologica, fra Randazzo e Capo Calavà, in Sicilia, o la costituzione della estrema punta di Calabria, non può a meno di riconoscervi degli allineamenti chiari e ben individuati.

E dove due allineamenti si intersecano, abbiamo

fenomeni anche più cospicui. Così, per l'incrocio di due faglie, abbiamo la distruzione dell'Apennino calabrese, tutto fatto nelle altre parti di roccie arcaiche, fra il golfo di Squillace e quello di S. Eufemia, come anche il loro ribassamento, e la sopraffazione dei terreni pliocenici, fra il golfo di Gioia e quello di Gerace; ma più cospicuo di tutto, il nodo formato dall'incrocio di tre allineamenti, in un punto dove è sorta l'Etna! (1)

Il golfo di Gioia Tauro, si propaga, come forma topografica, entro terra, formando una magnifica conca, ricca di paesi, che fu sempre infestata dai terremoti.

Presso Palmi si incrociano due grandi allineamenti, e dobbiamo sperare che fenomeni più terribili di semplici terremoti, non abbiano, una volta o l'altra, a scoppiare in quel punto di intersecazione di due grandi fratture geologiche.

Per non uscire dall'Italia, abbiamo chiarissimo un allineamento che, lasciando a N-E, il Monte Conero di Ancona, il Gargano e tutte le Murge, lembi staccati dai sistemi orografici e geologici dell'altra parte dell'Adriatico, corrisponde alla pianura pugliese, che era primitivamente la sede di quel mare. Tre allineamenti si incrociano nelle isole Eolie, mentre molti altri, di sistemi paral-

(1) E. Cortese. *Le fratture geologiche della regione Calabro-Sicula.* Conferenza tenuta alla Società degli Ingegneri ed Architetti in Roma, 8 febbraio 1909.

leli ai già citati, si ritrovano in Italia, in Spagna, nell'Africa del Nord.

La costa Nord del Venezuela è caratterizzata da un chiarissimo allineamento, che va dall'Isola di Trinidad a Puerto Cabello, passando per Caracas.

Volendo descrivere tutti gli allineamenti che si riscontrano sui continenti emersi, non basterebbe un volume e bisognerebbe, d'altro canto, conoscere a fondo tutto il globo.

Questi allineamenti, lo scrivente si limita a considerarli come linee di frattura; alle volte sono semplici linee, alle volte sono sistemi o fasci, per cui fino ad una certa distanza, a destra e a sinistra, di una linea principale, se ne hanno altre, parallele, dello stesso sistema. Ma questa zona, tagliuzzata da una serie di fratture parallele, non può essere estesa all'infinito; soltanto un sistema può avvolgere tutta la Terra, ed è quello che è orientato dal Nord al Sud, o prossimamente.

Questo sistema di fratture dipende infatti dalla screpolatura che ha subìto la crosta della Terra, e forse subisce ancora, per lo stabilirsi che ha fatto l'asse polare nella sua posizione attuale. Il rigonfiamento equatoriale deve produrre screpolature di quel genere, di per sè stesso.

Altri sistemi di fratture, preesistevano, o si spiegano benissimo coll'efferto dello spostamento

ultimo dei poli, avvenuto dopo l'epoca glaciale, epoca in cui avevamo i ghiacciai nelle Alpi (e nella Nuova Zelanda) le faune glaciali in Sicilia e Calabria, e l'*Unio margaritifera*, di mare caldo, viveva dove ora è la foce del Tamigi (1).

La forma dei continenti o penisole principali, e la loro disposizione, dimostrano effettivamente il predominio di quegli allineamenti meridiani.

§ II. — **Movimenti sismici.**

L'Hobbs, e altri, dànno moltissima importanza anche ad allineamenti secondari, e creano così una vera e fitta rete di fratture. Fra le maglie di questa rete restano dei blocchi di crosta terrestre, che sarebbero, più o meno, indipendenti uno dall'altro. E tale concetto che ha fatto nascere l'espressione di « *ouvrage de marqueterie* » che il Lapparent ha usato, per definire la crosta terrestre.

Essa non sarebbe che un mosaico, i cui varii pezzi sono disposti a muoversi uno rispetto all'altro, e questa sarebbe la spiegazione della instabilità della crosta e del prodursi dei terremoti.

Se uno dei blocchi scivola lungo il contatto coll'altro, si ha certamente un movimento sensi-

(1) In quell'epoca il deserto arabico era regione a regime di pioggie torrenziali, ed è passato poi, evidentemente in modo quasi subitaneo, caratteristicamente, a regione quasi tropicale, e asciutta.

bile, che può anche continuare se lo scivolamento avviene a scatti. Ma non si spiegherebbe però come i terremoti in generale, specialmente quando sono importanti, si ripetono e le scosse sono risentite per anni ed anni, prima che una certa calma ritorni, e prima che se ne riproduca uno importante.

Se le scosse dipendono dallo spostamento di un blocco del mosaico, rispetto agli altri, alla fine del periodo sismico, si dovrebbero vedere degli spostamenti sensibili. Invece, si hanno è vero, delle deformazioni dei profili orografici, ma per scoscendimenti causati dalle scosse, per sprofondamenti, più o meno limitati, ma non su tutto l'allineamento corrispondente al movimento.

Hobbs invece dice che il blocco è sollecitato dal di sotto, ed è fatto saltellare (*tilted* in vocabolo inglese intraducibile).

Se i blocchi cercassero il loro assestamento, come da molti si dice, per spiegare i terremoti, una stessa regione non dovrebbe, da secoli, esserne tormentata, sempre colle stesse caratteristiche del fenomeno, mentre altre non ne hanno mai sofferto.

Se è un blocco che cerca di assestarsi, esso dovrebbe tutto muoversi, ed invece i terremoti scuotono i territori che sono dalle due parti della stessa frattura geologica, ma lungo una striscia relativamente ristretta. Inoltre, dove si incrociano

due allineamenti, il fenomeno sismico è sempre più violento, il che vuol dire che non è più un blocco che si muove, ma le parti di quattro blocchi, finitime al nodo, ossia all'incrocio di due fratture.

Si è usato ed abusato della parola *epicentro*, nel descrivere i terremoti, ed a questi si sono date le denominazioni di *ondulatorio, sussultorio* e *vorticoso*.

L' Hobbs cerca di liberarsi dalla espressione di epicentro, ed accenna al fatto che, invece che da un centro, il movimento sismico viene lungo, e da, una linea; ma dopo tutto, accetta come un *pis aller*, la espressione *epicentro*, solo dice che in alcuni casi se ne hanno più di uno.

E l' epicentro, più o meno, corrisponderebbe al centro di figura del blocco il quale, secondo lui, non si muove per assestamento, sempre, ma bensì per una sollecitazione che viene dal di sotto, ossia dall' *ipocentro*, e lo fa saltellare.

Noi abbiamo in comune coll'Hobbs l'idea degli allineamenti e fratture, idea che abbiamo, del resto, esposta da 30 anni (1), e che ad esse si debbano riferire tutti i fenomeni sismici, e quindi anche i terremoti. Accettiamo per la sua eleganza, l' espressione del Lapparent, non dando però importanza al mosaico (marqueterie)

(1) E. Cortese. — *Sulla formazione dello stretto di Messina*. Boll. del R. Comitato Geologico — gennaio-febbraio 1882.

che egli descrive, per l'assestamento dei vari blocchi. Ammettiamo che l'azione che produce le scosse venga dall'interno, e che questa azione endogena sia la causa dei fenomeni sismici violenti, quali i terremoti, mentre gli assestamenti corrispondono a fenomeni sismici dolci e tranquilli, come i bradisismi o i graduali sollevamenti di spiaggie e coste (1).

Ma secondo noi il movimento viene lungo la frattura, e si propaga lungo essa, da un'estremo all'altro, e avanti indietro, se vogliamo, ma scuotendo le due labbra dei blocchi contigui, e per poca latitudine a destra e a sinistra.

Per noi dunque, non vi sono *epicentri* ma, se vogliamo usare una parola a quella simmetrica, degli *epiassi*. Non vi sono terremoti *vorticosi*, altro che nella mente di chi, atterrito, assiste alle rovine di un terremoto disastroso. I terremoti dànno solamente, ed è naturale, movimenti ondulatori e sussultori, i quali, combinati, hanno fatto credere a movimenti vorticosi, che *non possono* prodursi, per la natura stessa del fenomeno.

I maremoti che accompagnano il terremoto, sono ben là a dimostrare la linealità del fenomeno. La Terra si muove, oscilla, in direzione normale ad un dato allineamento, ed il mare si agita per la scossa, formando un'onda (una *lama*

(1) E. Cortese. *Sollevamenti di spiaggie e coste, e loro cause*. Boll. della Società Geologica Italiana. Vol. XXVIII, fasc. I, 1909.

secondo la espressione francese) allungata nel senso della frattura di cui uno, o tutti due i margini, vibrano.

Al terremoto del Rio Bamba (Ecuador) un'onda lunga, e alta, ha traversato il Pacifico, ed ha invaso la costa orientale del Giappone, con una altezza di 9 metri.

Così nel terremoto del 28 dicembre 1908, un' onda, lunga come lo stretto di Messina, è partita dalla costa sicula, è arrivata sulla calabrese, ruinando ciò che il terremoto rispettava, e poi di rimbalzo, e pel rimbalzo stesso attenuata, ma sempre parallela alla frattura dello stretto, è ritornata su Messina.

Così fu, nè altrimenti poteva essere, a confermare ancora una volta, che le cose della Natura sono semplici, e basta saperle leggere, per comprenderle subito, mentre è la nostra mente stessa, spesso disposta a complicare le cose e la spiegazione dei fatti, che rende oscuro ciò che è chiaro e lampante.

Secondo noi, dunque, dalle due parti di una grande frattura, possiamo avere dei piccoli spostamenti, anche continui, dei bradisismi, e due blocchi di crosta terrestre, a contatto fra loro, ma separati da una di queste fratture, possono avere di questi piccoli movimenti, restando completamente indipendenti uno dall'altro blocco.

Per assestamento, si possono avere cospicui e

ripetuti sollevamenti, o abbassamenti, di uno dei blocchi rispetto all'altro, ed il miglior esempio lo abbiamo nelle serie di terrazzi che dominano sopra più di 150 chilometri, sulle coste occidentali calabresi.

Ma in caso di terremoto, le due labbra della frattura oscillano, tentando di aprirsi e rinchiudendosi, e la scossa si trasmette all'interno del blocco, ma non molto lontano dalla frattura.

Così, nei terremoti che si sono avverati lungo la frattura dello stretto di Messina, nè molto ad Ovest in Sicilia, nè molto ad Est in Calabria, si sono propagate le intense scosse sismiche.

Se Melito di Portosalvo fu in parte rovinato, e altre rovine, benchè limitatissime si ebbero fra Siderno e Gioiosa Jonica, ciò dipende dal fatto che due grandi fratture, appartenenti ad altri sistemi di allineamenti, passavano in vicinanza.

All'incrocio di due allineamenti si hanno, in genere, fenomeni sismici più accentuati.

Montessus de Ballore, al pari di Hobbs, pensa che i movimenti che dànno luogo a veri terremoti si devono svolgere lungo piani, sensibilmente verticali, ossia radiali; tuttavia, in casi più rari, i terremoti si producono dove questi piani non sono radiali, e si hanno formazioni geologiche contorte e piegate, anzichè rigettate da faglie verticali.

Questo coincide appunto colle nostre idee. Le

fratture del 2° caso da noi descritto, della fig. 2, sono quelle tipiche per originare dei movimenti sismici, lenti o violenti; quelle del 1° caso, però possono pure darne, ma in questo caso come abbiamo dimostrato, all' esterno si vedono piuttosto i contorcimenti degli strati che la frattura.

Noi ammettiamo un nucleo solido, da cui è nata la crosta terrestre prima, per una alterazione della materia unica, costituente il nucleo stesso.

Sulla prima crosta, le acque hanno lavorato, trasformandone le roccie, e spostando i materiali che ne derivano.

Gli spostamenti di queste grandi masse (o altre cause inafferrabili) hanno causato gli spostamenti della posizione dei poli, qualche volta tanto bruschi, che non sembrerebbero spiegabili col solo spostamento delle materie trasportate dalle acque.

Fra la crosta ed il nucleo, vi può essere una zona in cui la alterazione della materia unica del nucleo, non è completa, e che fa quindi da zona di passaggio fra il nucleo rigido, pesante, e la crosta di roccie conosciute, molto più leggera, eterogenea, deformabile.

Pare che si debba ammettere che questa zona non è concentrica o per lo meno non lo è per tutta la superficie del nucleo. Questo è irregolare, ed è quindi più o meno vicino alla superficie, ma in molti tratti, pare che la crosta posi direttamente su di esso, ossia non vi sia zona di transizione.

E la crosta, indipendente dal nocciolo, di cui è infatti un vero metacarpo, esterno, si corruga, si distende, si innalza da una parte deprimendosi dall'altra, spezzandosi, e lasciando dei vuoti al di sotto, sui quali si archivôlta.

Un blocco di crosta isolato fra quattro fratture di due sistemi diversi, può dunque abbassarsi lentamente, o a scatti, per tornare a riposare sul nucleo resistente. Ma se sotto ad essa passano dei vapori ad altissima tensione, allora la crosta può esserne scossa. E diciamo precisamente *passano*, e non si *generano* o *si mettono ad alta pressione*. Perchè, in questi due casi ultimi, il blocco sarebbe scosso dal suo centro, e innalzato; diminuendo per questo fatto la pressione dei gas interni, esso potrebbe ridiscendere, ed il giuoco (la giostra - *tilting* degli inglesi) potrebbe ripetersi, ma allora si tratterebbe di un blocco solo che si muove, urtandone e disturbandone altri vicini, ma si avrebbe davvero un *epicentro*, e tutta una regione che si muove.

Invece, se i vapori ad alta tensione passano, e successivamente la pressione si alza e si abbassa, in varii punti del percorso, abbiamo realmente i terremoti, che seguono un allineamento, e si estrinsecano in punti contigui e seguìti dello stesso, con intensità non eguale, facendosi risentire per una certa distanza, ai due lati del cammino dei gas perturbatori.

Le fratture geologiche, e tettoniche, ossia quelle grandiose, che possono interessare tutta la crosta terrestre, spostano un blocco di crosta rispetto al contiguo, e se non fosse intersecata da fratture di altro sistema, una di queste fratture potrebbe individuare due blocchi assai lunghi. Sotto al blocco che rimane più alto, o sotto tutte due, certo lungo la frattura, rimangono dei vuoti che avranno, più o meno, la forma di corridoi (Vedi fig. 1 e 2 in *a*). Queste sono le vie che seguono i gas ad alta tensione, da esse si dipartono i terremoti più catastrofici, nel 1° caso, e anche terremoti sensibili nel 2.° Ma in questo ultimo, se la scossa si trasmette verticalmente, viene attenuata dalla esistenza di altre discontinuità, e deviata, mentre nell'altro, essa fa realmente oscillare i due blocchi, trasmettendosi lungo quel piano verticale di rottura.

Così è che terremoti catastrofici si sono ripetuti, circa ogni secolo, lungo una frattura come quella che chiamai sempre, dello stretto di Messina, e che va da Caltagirone a Catanzaro, mentre raramente, qualche scossa si risente lungo il versante meridionale delle Alpi.

Lo stesso si può dire per la costa occidentale, o per quella settentrionale dell'America del Sud, o per la California, che si trovano in condizioni simili allo stretto di Messina, mentre altre regioni americane del Sud o del Nord, non sono

mai più disturbate di quelle che sieno le nostre Alpi, benchè anche esse lo sieno talvolta; e pochissimo o mai lo sono le regioni dei grandi laghi.

Quali sieno questi vapori ad alta tensione, che arrivano, ogni tanto, a poter scuotere tanto potentemente la crosta terrestre, lungo certe linee, lo vedremo specialmente nel capitolo concernente la sismologia.

Intanto, stabiliamo bene che, lungo una frattura tettonica, specialmente nel 2° tipo, ossia radiale, se esso si apre al fondo di un mare, l'acqua deve penetrare liberamente, e se vi entra con qualche centinaio di atmosfere di pressione, la pressione stessa aumenta di una atmosfera per ogni diecina di metri di libera penetrazione.

Al fondo degli oceani, il deposito marnoso (plankton) potrebbe chiudere la bocca di queste fratture, ma è assai problematico se tale chiusura può generarsi e rimanere, sotto pressioni che, come abbiamo veduto, possono raggiungere quasi le 900 atmosfere, o, in ogni modo, opporsi alla penetrazione dell'acqua.

Ma oltre a ciò, terremoti fortissimi possono avvenire sulle due labbra marginali di una di queste fratture, aperte sul fondo dei mari.

I sismografi ci segnalano talvolta terremoti violenti avvenuti a migliaia di chilometri da noi, e che in seguito nessuna notizia viene a segna-

larci dove abbiano infierito. Sono indubbiamente terremoti sottomarini, e che appena si saranno resi sensibili con un movimento alla superficie del mare.

In quei movimenti, le labbra della frattura, aprendosi, dei torrenti d'acqua si devono precipitare entro la frattura.

Giunta in rapporto coi focolai di calore interno, quest'acqua ridotta in vapore, e altri gas da essa generati, devono prendere quella tensione, superiore a 900, forse a 1000 e più atmosfere, ed è facile immaginare quale perturbazione possano arrecare alla soprastante crosta terrestre, dei gas che, in quelle condizioni, corrono e sfuggono lungo i corridoi aperti sotto alla crosta terrestre e allineati lungo le fratture.

Triplo è dunque il legame che unisce le fratture ai terremoti; in primo luogo, esse dividono la crosta terrestre, in blocchi slegati, più facilmente sommovibili della crosta se questa fosse tutta di un pezzo; in secondo luogo, facilitano l'ingresso alle acque oceaniche, che vanno ad alimentare masse di gas e vapori, ad altissima tensione: in terzo luogo preparano a questi gas, i condotti lungo cui devono e possono sfuggire, portando devastazioni e rovine.

Per tre ragioni dunque, dove si hanno fratture geologiche e specialmente piani di rottura radiali, si devono avere di preferenza dei terremoti.

Prima che queste idee fossero maturate, avveniva ad un geologo come noi, che aveva la persuasione che le grandi fratture avevano stretta relazione coi fenomeni sismici, di fare lo studio geologico di una nuova regione, di constatarvi una frattura geologica, e di domandare se la regione era infestata dai terremoti. La risposta era sempre affermativa.

Nella Russia centrale e meridionale, nella Prussia, in Ungheria, si cercherebbero invano gli elementi per supporre l'avverarsi di terremoti, ed infatti essi vi sono quasi sconosciuti. In Italia difficilmente si trova una zona che non sia predisposta ai moti sismici. Perfino Ferrara, Rovigo, Padova, benchè raramente, furono scosse da terremoti, e pure sarebbe difficile, per quelle trovare l'andamento della frattura, che è completamente obliterata dalla alluvione padana.

Ecco la grande importanza delle fratture tettoniche, non solo dal punto di vista geologico, ma anche da quello della struttura e della stabilità della crosta terrestre.

E, ripetiamo, sarebbe questa tenue crosta e leggera, screpolata in questo modo, che dovrebbe tenere racchiuso un nucleo di materia fusa, pesantissima, o secondo altri, di gas a tal grado di compressione, da raggiungere una densità eguale a 6 volte, circa, quella dell'acqua?

§ III. — Conclusioni.

Vediamo a quali conclusioni finali si arriva, dopo quanto fu detto sopra.

Finora abbiamo parlato di fratture che si manifestano fino alla parte più superficiale della crosta e che sono avvenute, secondo noi, per effetto dello spostamento dei poli.

Consideriamo quegli involucri di crosta che, secondo alcuni, a spese del nucleo interno vengono a rinforzare ed ingrossare la crosta medesima.

I fautori dell'idea del nucleo interno fuso, se ammettono che vi fosse una intercapedine fra il nucleo e la crosta, dovrebbero ammettere anche che essa non esiste più, perchè altrimenti le maree della massa fusa urterebbero due volte al giorno nella crosta, scuotendola gravemente. Ma per ammettere poi che la crosta si è formata pel raffreddamento del nucleo, e si ingrossa pel medesimo fenomeno, devono riconoscere che essa è ad immediato contatto con esso.

Noi invece ammettiamo che la crosta si genera e si ingrossa, a spese del nucleo centrale, ma per un fenomeno, tutto affatto diverso, che diremo chimico (per alterazione della materia unica e conseguenti combinazioni fra gli elementi chi-

mici generatisi) rispetto a quello, fisico, del semplice raffreddamento.

Ma nell'un caso o nell'altro, generandosi roccie che hanno un peso specifico medio di 2,65, e massimo di 3 (1) dobbiamo avere quell'aumento di volume che abbiamo già indicato, parlando della crosta terrestre.

Questi nuovi strati di crosta, generatisi sotto a quella esistente, e che rappresentano un rigonfiamento, devono agire, dall'interno all'esterno, per far dilatare la crosta sovrastante.

Essa è elastica, fino ad un certo punto, e lo abbiamo già detto, riportando gli esperimenti fatti, che dimostrano che ha una rigidità eguale ai $^2/_3$ di quella dell'acciaio, ed è perfino scossa dal fenomeno di attrazione lunare e solare, per cui le maree acquee sono inferiori a quello che dovrebbero essere.

Con tale elasticità, la crosta può cedere alquanto, e distendersi, sotto l'effetto della spinta che riceve dall'interno per la dilatazione dei nuovi ingrossamenti; ma questo limitatamente, quindi: sieno gli ingrossamenti prodotti dal fisico

(1) Vi è chi ammette che nell'interno del globo, la maggiore densità provenga dalla pressione cui sono soggette le roccie. Ma quando la Terra cominciava a formare la prima crosta, aveva già una densità media di *5,61* e le roccie che si formavano ne avevano una inferiore a 3 (gneiss e micascisti). Dunque il fenomeno di aumento di volume, per la diminuita densità, vorranno ammetterlo tutti, speriamo; a meno di non andare contro alle primissime leggi della fisica!

raffreddamento del nucleo, o della chimica trasformazione di esso, un certo screpolamento si deve produrre, e devono generarsi delle nuove fessure nella crosta.

Queste fessure saranno più irregolari ancora di quelle causate dal rigonfiamento all'equatore, tanto più se è irregolare, come abbiamo detto, la superficie di separazione fra il nucleo e la crosta.

Non si propagheranno fino alla superficie, tanto più che l'ingrossamento della crosta essendo, in certo modo graduale e continuo, l'azione di dilatazione è anch'essa graduale e non molto intensa, nè mai brusca. Sono però fessure che dovrebbero essere, teoricamente, regolarmente distribuite, sulla superficie sferica, perchè niente hanno a che fare colla posizione dell'asse polare.

Se il nucleo fosse uniforme, perfettamente sferico, e quindi tale fosse la superficie di appoggio della crosta su di esso, queste fessure di dilatazione dovrebbero esser distribuite in modo da formare una rete regolare (esagonale o pentagonale o, meglio, triangolare, che sia).

Ma non abbiamo invece una superficie regolare di contatto, abbiamo una zona di passaggio (fisica o chimica che sia la spiegazione) fra il nucleo e la crosta, quindi tutta la idea base di una regolarità di distribuzione, in queste fratture interne, sparisce. La rete di fessure sarà irregolare, ma non esisterà meno per questo.

Riassumendo, per cause diverse, sopratutto per la ripetizione di una causa principale, cioè lo spostamento della posizione dei poli sulla Terra, la crosta è tutta fissurata, e le fratture sono tutte importanti, alcune importantissime.

Quello che importa è che sparisca l'idea di una crosta rigida, potente, solidissima, che comprime e imprigiona una endosfera liquida o gassosa, con una prepotenza che viene solo da una forza irresistibile.

Ben più modestamente si svolgono le cose terrestri! La crosta è tenue, e in alcuni punti tenuissima, è piena di spaccature, e di ascessi (focolai interni, vulcani, ecc., ecc.), ed è costituita da materiale leggerissimo rispetto a quello che sta nel suo interno, e che col suo volume predominante e la sua densità soverchiante, rialza il peso specifico della Terra al punto di farne il più denso dei pianeti del sistema solare.

Il nucleo non è un elemento liquido, minaccioso e ribelle, e tanto meno un elemento gassoso ridotto all'impotenza, come un Sansone cui la crosta, nuova Dalila, tagliandone i capelli, ha padroneggiato, lasciandogli una forza espansiva, rappresentata dal fatto che come gas ha raggiunto una densità di 6, e invano « *consuma dentro sè colla sua rabbia* ».

Il nucleo è un tranquillo globo, più o meno regolarmente sferico, di materia utile, che si ela-

bora a beneficio della crosta, ed è questa che, instabile, capricciosa, spostando le sue masse di qua e di là, cambia di assestamento di tempo, quantunque più per il passato che ora.

E tutti i guai che risente, è essa stessa, la crosta terrestre, che se li crea, consumando la sua acqua, spostando e rimaneggiando le roccie che la costituiscono, e via dicendo. Il nucleo non interviene che passivamente o per giovarle, arricchendola di minerali vari e preziosi, fornendole il valore che le manca, nutrendola in tutti i modi.

Ma la china è fatale, e la Luna, Venere, e Mercurio, sono là per mostrare l'effetto della vita planetaria; le loro *fratture* ultime sono ancora visibili, e dicono alla Terra qual'è l'avvenire che la attende.

CAPITOLO VI.

CALORE INTERNO

Idee sul calore interno - Sue sorgenti.

Che la Terra abbia un calore interno, è cosa che ci viene insegnata fino dalle prime scuole, che tutti ripetono e che si è voluto dimostrare in una infinità di modi. Si arriva poi, perfino, a calcolare la temperatura che deve avere il centro della Terra, e mentre qualcuno arriva a 3000° e più, altri sostiene che la temperatura dell' interno del nucleo terrestre è disotto di 0°. A tale differenza si può arrivare quando si parte da premesse assolutamente arbitrarie e si seguono ragionamente artifiziosi.

L'idea semplice e simmetrica, che al disotto di una data profondità, dove la temperatura si mantiene costante, la temperatura cresce al 1° ogni 33 metri di profondità, ha avuto subito fortuna e fu accettata senza troppa discussione.

Quel numero piaceva, ogni 100 metri, in cifra tonda, si aveva l'accrescimento di 3°; al centro della Terra se ne dovevano avere circa 190 000; ma siccome a 3 000° ogni materia conosciuta da noi deve esser liquefatta, ci siamo contentati di quella cifra, perchè, fino che un corpo rimane liquido, mantiene la temperatura di fusione; ogni accrescimento porterebbe alla vaporizzazione, e non si arrivava fino a quel punto. Si azzardava bensì a dire che la materia interna doveva esser tutta fusa, ma non che potesse esser allo stato di vapore. Poi si è andati oltre, ed un insigne scienziato, l'Arrhenius, sviluppando la teoria di Helmholtz, è arrivato a dimostrare che il centro della Terra è gassoso, ma che il gas che lo forma è tenuto solido dalla pressione che subisce. Come diciamo in altra parte di questo scritto, la pressione sarebbe mantenuta dalla crosta terrestre la quale, poveretta, facciamo rimarcare noi, ha tali fratture e così poca consistenza, che sarebbe presto mandata in mille, in milioni di frantumi, da quella pressione interna, che essa dovrebbe mantenere in un gas di circa 6 di densità. Basterebbe che questo stato di cose si avverasse per pochi secondi, perchè la Terra passasse allo stato di quell'innominato pianeta, che stava fra Marte e Giove, e che avrebbe dato origine a tutti gli asteroidi.

Intanto, l'idea dell'accrescimento di 1° ogni

33 metri, ha dato modo a qualcuno di fissare le idee sullo spessore della crosta terrestre. Siccome a 3000° ogni sostanza conosciuta, è fusa, così la crosta terrestre avrà uno spessore di 100 000 m. al disotto dei quali è il nucleo interno fuso. E così sono rimasti d'accordo.

Vi sono è vero delle eccezioni a quella semplicissima e simmetrica legge di accrescimento della temperatura. Nella Gran Bretagna quell'aumento di 1° varia da un posto all' altro, fra i limiti di 21 metri di profondità, a 80. Nelle miniere del Capo, si trova tale aumento ogni 150 metri, e così in quella di Calumet (Michigan), a Minas Geraes, in Brasile, ogni 100 metri, e nelle miniere del Nord, in Francia, ogni 18 metri circa.

Talvolta, acque artesiane che vengono da grande profondità, si trovano fresche, e pozzi di miniera assai prófondi, una volta stabilita la corrente d'aria, sono freschi, mentre sono per 1000 e più metri vicini al centro della Terra, ossia al nucleo fuso, della superficie.

Quegli stessi che ci sostengono questo rapporto di accrescimento della temperatura, colla profondità, ci dicono che la Terra si è raffreddata poco a poco, e si raffredda ancora. Ma se bastano 34 metri, per trovare la temperatura costante, ossia a formare uno strato coibente sufficiente a mantenere la temperatura costante e quindi ad impedire che il calore della Terra si disperda,

bastava che la crosta avesse, non dirò quell' esilissimo spessore, ma pochissime centinaia di metri, a conservare alla Terra tutto il suo calore interno, fosse anche di 3000°. E se la Terra fu liquida in origine, ossia allo stato fuso, perchè il suo centro deve esser poi arrivato allo stato di vapore (benchè tanto compresso da tornare solido)?

Se il calore emana da quella fonte inesauribile, perchè, in un profondissimo pozzo di miniera (se ne hanno in America di quasi 2000 metri) dopo stabilito il giro dell'aria, si ha una temperatura tollerabilissima? La roccia dovrebbe avere circa 60° di temperatura e trasmettere il calore all' ambiente.

La temperatura media alla superficie della Terra è di 15° C. (ossia di 288° assoluti, poichè lo zero centigrado corrisponde a 273° assoluti). A mantenere questa temperatura noi diciamo, e lo confermano quelli stessi che fanno tutti i calcoli sullo stato e sulla temperatura del nucleo, interviene l'azione del vapor d'acqua della nostra atmosfera e l'acido carbonico che essa contiene. Se nell'atmosfera non vi fosse acido carbonico, calcola Arrhenius, la temperatura abbasserebbe di 14°,6, e se mancasse totalmente il vapor di acqua, si avrebbe un altro raffreddamento di 12°,5; in totale 27°, ossia si discenderebbe sotto lo 0° C.

Secondo Chamberlin, la temperatura della superficie della Luna, varia, fra quando è pienamente esposta al Sole a quando vi fa notte, da 370° assoluti a 55°, ossia 214° sarebbe la temperatura media assoluta, mentre quella della Terra è di 15° C. ossia 288° assoluti. E questa differenza è dovuta unicamente alla nostra atmosfera, cioè al suo vapor d'acqua ed al suo acido carbonico, in massima parte, ed in parte all'aria stessa.

Tutto il calore della superficie, dunque, viene dal Sole, e niente dal nucleo centrale che dovrebbe esser enormemente caldo.

Secondo William Thomson, la Terra si è raffreddata, dallo stato di fusione in cui era, a quello in cui fu possibile la vita vegetale, in 10 milioni di anni. Helmholtz ne calcola 20.

Bishof domanda 350 milioni di anni per il raffreddamento da 2000° a 200° centigradi. Lyell azzarda una cifra grossolanamente calcolata di 240 milioni di anni, mentre Darwin va a 300 e Huxley, in tutto, per venire alle condizioni attuali, domanda 1000 milioni di anni!

Faye fa un calcolo speciale riferendosi alla valutazione che fa Lapparent dell'età della Terra. Questa avrebbe solo 20 milioni di anni, dei quali 15 per l'epoca primaria, 3 per la secondaria, 2 per la terziaria.

Egli, dal suo sistema cosmogonico deduce che

la Terra è più antica del Sole, tantochè, quando questo ha cominciato a rischiararla essa aveva già il suo assetto e le acque vi si trovavano già stabilite.

La Terra proviene da una sfera di materia che aveva un diametro 200 volte maggiore dell'attuale e nel restringersi ha sviluppata una quantità di calore pari a 8800 calorie per chilogrammo di materia, per cui questa si è trovata allo stato di fusione e si è disposta in modo che la parte più densa è andata al centro e gradatamente da questo si arriva alla più leggiera, superficiale.

In quel periodo, in cui non vi era crosta, o questa era tenue, si aveva un gran disperdimento di calore.

In vista, dice Faye, del fatto che troviamo flora e faune fossili anche presso ai poli, bisogna ammettere che la temperatura media della Terra era di 20°.

Attualmente la temperatura media è di 16°, ed il Sole ce la mantiene versandoci 0,1 di caloria, per metro quadro di superficie, al 1″.

Il calore interno della Terra ha fornito dunque, per tutta l'epoca primaria 0,125 di caloria, per 1″, e per metro quadro, ossia:

per 15 milioni di anni
6×10^{13} calorie.

Ma la piramide di materia che sta sotto ad

1 metro quadro di superficie, ammessa la densità media di 5.5 (dice Faye) è di

$$11 \text{ miliardi ossia chilogrammi } 11 \times 10^9$$

i quali avendo da perdere circa 9000 calorie, la quantità totale è di

$$10^{14} \text{ calorie.}$$

Dalle quali deducendo le

$$6 \times 10^{13}$$

consumate nell' epoca primaria, restano

$$4 \times 10^{13} \text{ calorie}$$

per le altre epoche e per mantenere allo stato di fusione, più o meno viscosa, il nucleo interno, metallico della Terra.

Queste le idee del Faye, alle quali siamo ben lontani dal sottoscrivere, specialmente dopo aver dimostrato che le fauna e la flora tropicale che ora troviamo presso ai poli, vi si sviluppavano perchè le attuali regioni circumpolari erano allora tropicali e viceversa.

Schwarz ammette che il calore interno della Terra è il prodotto della confricazione dei segmenti o blocchi della crosta, che si assettano, e questi blocchi sono individuati dalla presenza di grandi

fratture, lungo piani radiali, e lungo le quali i blocchi stessi si assettano, e si spostano.

Le sue idee collimano colle nostre e con quelle di Suess, di Hobbs, ed altri, riguardo alle fratture, ma non possiamo accettare questa idea come spiegazione di un *costante* calore interno, e nemmeno essa è in concordanza coi fenomeni che si producono in causa del calore interno.

Infatti, i vulcani, che emettono lave in stato di fusione, le sorgenti calde, ed altre manifestazioni consimili, si trovano bensì sulle linee di frattura, ma non si può dire che le emissioni di materie incandescenti o calde corrispondano a movimenti delle masse di crosta terrestre, che stanno dalle due parti della frattura.

J. R. Strutt ascrive il calore interno alla presenza ed alla azione del radio, seguendo in questo la idea ed i calcoli del Prof. Rutherford, che trova esservi, nella crosta terrestre, abbastanza radio per provvedere al calore interno della Terra.

I calcoli partono, al solito, dall' accrescimento di 1° centigrado ogni 23° circa (1° Fahrenheit, per 42.2 piedi).

Strutt ha estratto il radio emanazione da una quantità di roccie, con un apparecchio di sua invenzione, ed ha trovato che le roccie ignee ne contengono una quantità assai forte che va, per certi graniti a 25.5×10^{-12} grammi per centimetro cubo.

In media ha trovato

$$5 \times 10^{-12} \quad (1)$$

Nelle meteoriti metalliche non ne ha trovato; in quelle costituite da elementi litoidi, ne ha trovato quanto nelle corrispondenti roccie terrestri (2).

Per sopperire alla quantità di calore interno che può dare il gradiente termico costante, suddetto, occorre una quantità di radio che:

Rutherford calcola a 1.5×10^{-13}
Strutt » a 1.75×10^{-13}
Besson corregge a 3.04×10^{-13}

Questo, dice Strutt, ammettendo tre cose:

1.° Che la Terra sia in equilibrio termico e che tanto calore ne sfugga ogni minuto secondo, quanto se ne produce nel suo interno.

2.° Che non vi sia altra sorgente di calore interno, all' infuori del radio.

3.° Che un grammo di radio produca tanto calore nell' interno della crosta, quanto alla superficie.

---

(1) Il radio emette, nella sua decomposizione 100 calorigramma per ora.

(2) Il sig. Besson dice che le lave e altri prodotti vulcanici non contengono radio. Invece fu rinvenuto nei tufi e lapilli di Ischia, e per una lava leucitica del Vesuvio. Strutt ha trovato il 9.07×10^{-12}.

Da scienziato onesto, mostra che elementi certi, per esser sicuri di questi tre punti, non si hanno.

Intanto, considerando che le roccie della superficie mostrano di contenere 5×10^{-12} grammi di radio per centimetro cubico, e che per aver l'equilibrio termico si deve avere, secondo lui, per centimetro cubico:

$$1.75 \times 10^{-13}$$

si può calcolare che basta $^{1}/_{30}$ del volume della Terra, per tanta emanazione di radio che mantenga quell' equilibrio, e quindi la crosta non deve avere che uno spessore di 45 miglia, ossia poco più di 72 chilometri.

Egli trova che ciò corrisponde, e noi non lo troviamo, alle 30 miglia (50 chilometri circa) che il Prof. Milne ha calcolato per lo spessore della crosta, deducendolo dalla velocità di propagazione delle onde sismiche.

L'interno del nucleo terrestre, con una densità ancora inferiore 6 (1) non può essere costituito tutto di ferro o di metalli varii col predominio del ferro, come le meteoriti, ma tuttavia, secondo lo Strutt, analogamente a queste, non dovrebbe contenere radio.

---

(1) Se la crosta avesse lo spessore di 100 chilometri, ossia $^{1}/_{63}$ del raggio terrestre e la densità di 2,65; ritenendo di 5.60 la densità terrestre media, quella del nucleo risulta di

$$5.79.$$

Egli, basandosi sui calcoli precedenti, fa il calcolo della distribuzione del calore nell'interno della crosta terrestre e, supponendo la temperatura alla superficie a 0° centigradi, trova che a 45 miglia inglesi, ossia a 72.5 chilometri, la temperatura deve essere di 1530° (1).

Molto inferiore dunque a quei 3000° da invocarsi per avere il nucleo completamente fuso, qualunque ne sieno i componenti.

Continuando, egli considera la Luna, che ha una densità di 3.5 (?) e stabilisce che la sua materia deve essere 30 volte più ricca in radio che la media della sostanza costituente la Terra. Ma il volume della Luna essendo $^1/_{10}$ di quello della Terra e la superficie da cui il calore interno deve sfuggire essendo $^1/_{16}$ di quella terrestre, il gradiente della temperatura nella crosta della Luna, dovrebbe essere fra 8 e 9.5 volte maggiore che per la Terra.

Questo va poco d'accordo colla valutazione del Chamberlin ed altri astronomi spettroscopisti, che hanno trovato che la temperatura della superficie della Terra deve essere di 74°, *assoluti*, superiore a quella della superficie della Luna. E per questo ammette che la Luna non è spenta,

(1) Dutton dice che la radioattività è la sorgente dell'energia vulcanica, perchè scalda le roccie a 5 o 6 chilometri di profondità e le rende esplosive mentre si incorporano l'acqua di impregnazione del suolo.

ma i suoi vulcani continuano a dare eruzioni che i nostri telescopi non arrivano a vedere.

Su questo punto non crediamo di accettare le idee dello Strutt.

§ II. — Le nuove idee.

Sulla superficie terrestre, dato l'effetto di impedimento alla dispersione dei raggi calorifici oscuri, che ha il vapor d'acqua e l'acido carbonico, come già abbiamo detto altrove, basterebbe il calore solare a provvedere al disperdimento che si ha, per irradiazione verso lo spazio.

A pochi metri sotto la superficie, abbiamo una temperatura costante, ossia uno strato che non risente della variazione della temperatura esterna, la quale pure, nei nostri climi, può essere di più diecine di gradi centigradi, da una stagione all'altra.

Questa forte coibenza della crosta superficiale, ci pare che basti a giustificare che non sia troppo forte l'emissione continua di calore proprio, che la Terra fa all'esterno.

Ma in ogni modo, un equilibrio termico ci pare non sussista. Besson dice che il calore trovato perforando la galleria del Sempione deve derivare dall'essere le roccie attraversate, come fu trovato, più ricche in radio del normale.

La radioattività di certe roccie e di certe acque

si è vista variare coll'alternanza del giorno e della notte, colla pressione atmosferica, colla natura del sottosuolo, colle macchie solari.

Dunque, anche se vi è un calore interno prodotto dal radio, esso non è di intensità costante.

L'attività vulcanica (o endogena per usare vocabolo di più largo significato) è concentrata in certi punti, è variabile, perchè si manifesta ad intervalli generalmente irregolari, con parossismi che corrispondono a momenti di maggior produzione di calore interno locale.

L'accrescimento della temperatura, colla discesa nell'interno della crosta, non è costante, dunque anche la distribuzione di quel radio che, secondo Strutt, è la sorgente del calore interno, è ben irregolare e ciò rende tanto più difficile un equilibrio termico vero.

Non parleremo della questione, se il radio emana la stessa quantità di calore, nell'interno della crosta come alla superficie, e possiamo ammettere di sì.

Ma quanto all'ammettere che *unica* sorgente di calore intero interno sia il radio, credo che si debba prima ben discutere la questione.

I fenomeni vulcanici sono le più chiare testimonianze di un calore interno; ma anche essi ci indicano dei focolai speciali, isolati e, generalmente, indipendenti fra di loro e non una sfera fusa, uniforme, interna.

L'accrescimento del calore interno, essendo variabile da regione a regione, ci conferma che i focolai dove questo calore si genera sono sparsi irregolarmente non solo, ma la loro efficienza è variabile perchè, in alcuni punti, bastano a dare alle roccie della crosta una temperatura un poco più alta che in altri aventi la stessa profondità, mentre che in altri punti ci danno addirittura acque bollenti (soffioni boraciferi — acque termali, ecc., ecc.), fenomeni geyseriani, e finalmente, in altri ancora, preparano materie fuse, del tipo lavico.

Strutt trova 1530° a 72 chilometri di profondità, ma i focolai vulcanici non hanno certamente tali profondità, mentre sviluppano temperature che sembrano dover esser molto superiori ai 1530° e per lo meno, data la minor profondità, vi arrivano prima dei 72 chilometri.

Infatti, consideriamo prima di tutto i vulcani del tipo stromboliano. E' certo che la profondità da cui si parte la lava fluida è ben piccola se, talvolta, in meno di 20 minuti si può svolgere una intera fase che va, dalla calma completa, attraverso alla massima violenza di eruzione, nuovamente alla calma (1), e nei periodi in cui il vulcano è più regolarmente attivo, il periodo non supera 30', con 10 a 12 minuti di calma.

(1) Descrizione geologico-petrografica delle Isole Eolie. - E. Cortese e V. Sabatini. Memorie R. Ufficio Geologico, Roma 1892.

Così i focolai che generano i *geysers* d'Islanda, del Venezuela, e altri, e specialmente quelli che generano i soffioni boraciferi di Toscana o del Venezuela, hanno una profondità piccolissima. Con trivellazioni di poche diecine di metri, nelle regioni dei soffioni, si va a ferire la zona dei vapori ed acque mineralizzati, e si provocano nuove emanazioni, artificialmente.

Dunque la sorgente di calore deve esser poco profonda e ben localizzata se avviene che non lontano come, ad esempio, presso Rosignano e Santa Luce (in Provincia di Pisa) una società belga che sta facendo profonde trivellazioni, ha raggiunto 1500 metri senza avere nessun indizio di calore endogeno, in relazione coi soffioni boraciferi poco lontani.

Due cause, dunque, invocate pel calore interno, che abbiamo esaminate, non corrispondono alla realtà dei fatti che troviamo sulla Terra.

Il radio, colla sua emanazione ci darebbe troppo calore, e quindi bisogna limitare ad una crosta di pochi chilometri di spessore la sua esistenza. Come sorgente di calore deve esser costante, e allora non ci spieghiamo la concentrazione di maggior calore in un punto, la saltuarietà di manifestazioni termiche speciali, la loro piccola profondità.

Il calore generato come equivalente di forze dinamiche, ossia di movimenti di masse, costi-

tuenti segmenti della crosta, non ci darebbe ragione di quella continuità di quantità calorifera che si produce in un dato punto, e della produzione di quantità rilevantissime di calore, là dove non si avverte nessuno spostamento di una massa rispetto all'altra.

Non ammettiamo il calore trasmesso da un nucleo interno fuso, di cui abbiamo detto di negare l'esistenza, giustificando largamente perchè.

Noi crediamo piuttosto all'effetto di reazioni chimiche.

Il calore generato da queste si accumula, e se la reazione avviene a 0°, o a 50°, o per ragioni speciali a 1000°, la quantità di calore che essa sviluppa si produce egualmente, e fa aumentare dello stesso numero di gradi, che si sommano ai preesistenti, la temperatura della materia circostante.

La materia unica che costituisce il nucleo, secondo noi, si individua in aggruppamenti dei suoi atomi, in elementi che noi consideriamo come corpi semplici (1). E' questo il primo stadio della sua, diciamo così, alterazione, che prelude alla trasformazione in crosta terrestre.

(1) MEUNIER, nella sua *Évolution des théories géologiques* (pagina 40-41) dice che, in certe nebulose, le linee dello spettro rivelano solo l'idrogeno, e forse l'elio e l'azoto; siccome nell'atmosfera del sole si riconoscono tutti i metalli, come nello spettro della luce delle stelle, ci sarebbe da pensare che l'origine dei nostri metalli (o dei nostri corpi semplici) potrebbe esser la *polimerizzazione* dell'idrogeno *o di qualche materia primitiva*. Qui, dunque, egli ammette possibile quello che a noi sembra un fatto.

Qui il radio può avere un vasto campo di azione, creando esso, colla sua attività, tale trasformazione; cosa ben ammissibile, dal momento che l'uomo, che non ha potuto scindere gli atomi di un corpo semplice, ha pur potuto trasformare altri (come il torio) in corpi semplici diversi, e dare la forma di un nuovo elemento chimico (il *polonio*) che abbandonato a sè stesso ritorna allo stato di altro corpo semplice (il *piombo*).

Gli elementi individuati dalla massa della materia prima, hanno cominciato a reagire fra loro. Se è avvenuto quello che pare avvenire nel Sole o nei pianeti maggiori, prima si sono formati i corpi a peso atomico minore, e poi, successivamente gli altri, restando concentrata nel nucleo una materia che cerca individuarsi solo in materiali semplici, ma pesanti.

Gli elementi dominanti nella crosta sono l'ossigeno (peso atomico 16) ed il silicio (peso atomico 28), ma è specialmente l'ossigeno che ha attaccato tutti gli altri corpi semplici, ossidandoli. Fra le roccie costituenti la crosta terrestre, non abbiamo che prodotti ternari, in cui figura un metallo e un metalloide, sempre combinati coll'ossigeno.

I prodotti binari sono in quantità piccolissime, rispetto alla massa dei prodotti ternari, e ciò sfortunatamente perchè, sieno essi solfuri, o cloruri, o fluoruri, o anche ossidi, sono in generale

minerali utili all'uomo; piccole davvero sono le quantità di metalli nativi, ciò che è ancora più malaugurato per l'uomo.

L'ossidazione è dunque stato il grande agente nella preparazione dei materiali che hanno costituito la crosta terrestre; e come fu in origine ancora adesso questo si avvera. La trasformazione della materia unica del globo, che consideriamo come una fermentazione, o una alterazione, causata forse dal radio concentrato più in un punto che in un altro, o da altre cause, non ha dunque dovuto esser uniforme su tutta la superficie del globo primitivo, ed è naturale che lo spessore della crosta non sia uniforme, e la superficie del nucleo non sia regolare, o parallela a quella esterna.

Lo spessore della crosta non è grande; il Prof. Milne la calcola a 30 miglia (50 chilometri al massimo); ma altri, ed in certi punti specialmente, ammettono che lo spessore sia molto minore; cosa provata dalla velocità di trasmissione delle onde sismiche e del valore della gravità, come abbiamo detto parlando della crosta terrestre e del suo spessore.

Che tutta la crosta sia costituita da roccie analoghe a quelle che conosciamo, non è detto. Le nostre roccie fondamentali, più antiche, cioè gli gneiss ed i micascisti si protraggono, dalla vetta delle montagne che noi vediamo, 10, 30 e secondo alcuni, 100 chilometri più basso?

Prove non ne abbiamo, ed è lecito dubitarne.

Quella zona di transizione che sta fra il nucleo e la crosta, ed in cui si è già manifestata la fermentazione chimica della materia unica, può e deve contenere gli elementi chimici allo stato nativo, mescolati in proporzioni varie (1).

Le acque terrestri filtrano abbondantemente attraverso la crosta, ed arrivano dunque, senza difficoltà a quella massa dove sono ancora, disseminate nella crosta non ancora perfettamente formata in roccia, o ancora tutti liberi, i corpi semplici allo stato nativo, o nascente che dir si voglia.

La decomposizione dell'acqua, avviene facilmente sotto l'azione di metalli e metalloidi in quello stato. Il resultato è: formazione di prodotti litoidi, di ossidi metallici e *produzione di calore.*

Quanto più è facile e profonda la penetrazione dell'acqua tanto più potenti devono essere questi focolai di calore interno i quali, perciò, sono sparsi quà e là e, in ogni modo, se profondi, non sempre nè molto, profondi.

Lungo le fratture geologiche l'acqua penetra più facilmente e può arrivare a grandi profondità, con una pressione enorme sovraincombente.

---

(1) La materia unica, consolidata nel nucleo centrale può benissimo avere una densità di 5.60 e poco più; e la stessa densità può esser raggiunta dall'insieme di corpi semplici allo stato nativo, da essa provenienti.

Se lo spessore della crosta fosse di 100.000 metri, e attraverso di essa, lungo una frattura, l'acqua scendesse liberamente, al fondo si avrebbe una pressione di 10.000 atmosfere, in cifra tonda, pari a 7353 metri di mercurio. Se quell'acqua si evapora, per il calore interno, e per soprariscaldamento il suo vapore prende una forte tensione, possiamo calcolare la temperatura cui si può arrivare per avere esattamente l'equilibrio fra la tensione del vapore sottostante e la pressione della colonna d'acqua che gli sovraincombe.

Tredgold, chiamando t questa temperatura
H l'altezza in centimetri di mercurio

dà la formula

$$t = 85 \sqrt[6]{H} - 75 \text{ da cui}$$

$$H = \left(\frac{t + 75}{85}\right)^6$$

dove t è espresso in centimetri.

Dulong e Petit dànno l'altra formula:

$$T = \frac{\sqrt[5]{p} - 1}{0{,}7353} \text{ da cui}$$

$$p = (1 + 0{,}7353\ T)^5$$

dove p è la pressione in atmosfere.

T è la temperatura in centinaia di gradi centigradi.

Si ricava: dalla formula di Tredgold:

$$t = 732^{\circ}$$

da quella di Dulong et Petit

$T = 7{,}42$ (ossia in centigradi $t = 742^{\circ}$)

I due resultati non sono molto dissimili.

Essendo $p = \frac{P}{10}$ ove P è la profondità, e

siccome Dulong et Petit tengono il coefficiente di 33^{m} di profondità per l'aumento di 1° nella temperatura della crosta, ne viene che:

$$T = \frac{10\,p}{33} \times \frac{1}{100} = \frac{p}{330} \text{ quindi}$$

$$p = \left(1 + 0{,}7353\ \frac{p}{330}\right)^{5} = (1 + 0{,}002203\ p)^{5}$$

da cui si ricava:

$$p = 1540 \text{ atmosfere}$$

$$\text{e } P = 15400 \text{ metri}$$ *(V. Append. I).*

Talchè l'equilibrio si raggiungerebbe a 15400 metri, profondità che non è di molto superiore a quella che si ammette per la crosta terrestre,

almeno in certi punti, e che fu calcolata da qualche eminente scienziato.

Niente sta dunque contro alla nostra ipotesi, che cioè l'acqua della superficie filtri abbondantemente attraverso la crosta terrestre, anzi che *scorra lungo* le fratture geologiche fino a grandi profondità, forse attraverso tutto lo spessore della crosta.

A quelle profondità, in contatto con corpi semplici allo stato nascente, ne produce l'ossidazione decomponendosi, e così si sviluppano quelle fortissime quantità di calore, che arrivano a mettere in fusione i prodotti litoidi generati, o quelli esistenti, nella crosta terrestre (1).

In altri periodi geologici e, limitatamente, anche adesso, i vapori generatisi a così altra pressione, ed i gas relativi, portavano in soluzione ed in sospensione, ossidi e solfuri metallici, o altre sostanze minerali, e così si sono formati i filoni e depositi metalliferi e minerali, conosciuti.

Nel nostro periodo geologico, specialmente, ma anche in altri si ebbero emissioni di macmi fluidi, ossia formazione di masse e colate di roccie eruttive. Per quelle della nostra epoca ne vediamo

(1) Alessandro Bronguiart, da tempo, pensava che le eruzioni vulcaniche dipendono dalla penetrazione delle acque del mare in fessure che vanno fino alle masse sotterranee di metalli allo stato nativo, o di clorurì e solfuri, che sono avidi di ossigeno. La reazione sviluppa tanto calore da fondere roccie e produrre le eruzioni e le altre manifestazioni vulcaniche.

le bocche di uscita, che sono i vulcani, e li troviamo, appunto, allineati sulle fratture della crosta terrestre del tipo radiale, confermando ancora che là le acque possono più facilmente penetrare, dando origine a focolai interni, ed i prodotti di questi uscir fuori, perchè la via è già preparata.

Esaurita in un punto la provvista delle materie allo stato nascente, l'attività endogena si estingue colà e può generarsi altrove, ma questi mutamenti di posizione dei centri di calore interno, avvengono a lunghe distanze di tempo. Alcuni già estinti possono ridestarsi dopo lungo tempo.

Sorgenti di calore possibili sono dunque lo spostamento relativo di masse della crosta — azione del radio — ossidazioni interne. Queste sembrano a noi, più ragionevolmente imputabili della creazione di focolai interni e delle conseguenze di questi. Anche l'emanazione del radio può coadiuvare, non fosse altro che per preparare la materia da bruciare, ossia da ossidare, individuando corpi elementari allo stato nascente, dalla materia unica del globo.

La spiegazione fa parte dell'insieme organico delle nostre idee sulla costituzione del pianeta (crosta e nucleo) sullo spostamento dei poli, sulle fratture geologiche e quindi, come vedremo in seguito, sui fenomeni sismici che tormentano la superficie della Terra.

Appendice al Capitolo VI.

I.

Armand Gautier (*La genèse des eaux thermales - Annales des mines.* Dixième série. Tome IX - 1906) dice che le lave devono avere almeno 1100° per essere in fusione e quindi (dobbiamo ammettere che non perdano calore nel tragitto) devono provenire da una profondità di 35.000 a 40.000 metri.

Data la loro densità, questo corrisponde a 80.000 metri di pressione idraulica, cioè a 8000 atmosfere.

Strutt, colla sua curva delle temperature interne, trova questa temperatura di 1100° a 22 miglia, ossia, ancora, a poco più di 35.000 m.

Nel capitolo II (La crosta terrestre) indichiamo che da uno dei calcoli sulla quantità di calore emanante dal radio e dal torio, nella loro trasformazione, si arriva ad uno spessore di meno di 16 chilometri, per la crosta.

Il sismografo giapponese Omori, ben conosciuto e stimato, ha trovato uno spessore di 15.600 m. per la profondità dell' ipocentro nel terremoto giapponese del 1891.

II.

Nel discorso fatto alla British Association, nel 1911, Sis William Ramsay ha detto quanto qui riassumiamo.

Le scoperte del Becquerel, sulla radioattività; quelle di Curie sul radio e la teoria di Rutherford e Soddy, sulla disintegrazione degli elementi radioattivi, hanno condotto alla scoperta di 36 nuovi corpi elementari, di cui, però, una ventina sono trasformazioni di altri, ma 16 sono veramente nuovi.

Il radio dà dei sali molto simili, per carattere e aspetto, ai corrispondenti sali di bario. Anche il metallo è bianco, attaccabile dall' acqua, come il bario.

Il suo peso atomico entra bene nella tavola di periodicità, e tutto fa riguardare il radio come corpo semplice, ossia un elemento. Il suo peso atomico è di 226.4, quello del bario 137 (alcuni dànno come ultima cifra 137.37). Ma il radio è instabile, si disintegra, e in *1760* minuti metà della quantità primitiva sparisce.

Rutherford e Soddy hanno trovato che emette un gas condensabile, detto *radio emanazione*.

Ramsay e Soddy hanno trovato che in più, svolge *Elio*, un metallo della serie del sodio, gas

inattivo come l'*Argon*, ma di una serie ben definita in cui si ha:

Elio	= peso	atomico	4	(3.994)
Neon	= »	»	20	
Argon	= »	»	40	(39.98)
Kripton	= »	»	83	(altri dànno 81,8)
Xenon	= »	»	130	(altri dànno 128)
?	= »	»	170	
Niton	= »	»	222.4	

Il *niton* (Ni) è il nome proposto per la radio emanazione, e si avrebbe la relazione che il radio, perdendo in peso atomico per la scissione di un atomo di elio (He), si riduce a niton.

$$226.4\ (\mathrm{Ra}) = 4\ (\mathrm{He}) + 222.4\ (\mathrm{Ni}).$$

La decomposizione di metà della quantità di Niton avviene in 4 giorni; si produce un *radio A*, in forma metallica, e si separa un altro atomo di elio:

Niton Elio Radio *A*

$$222.4 = 4 + 218.4$$

Il radio *A*, per metà si decompone in 3 minuti; si separa ancora elio, e rimane il radio *B*.

Radio *A* Elio Radio *B*

$$218.4 = 4 + 214.4$$

In 27′, anche il radio B, per metà del suo peso si altera, ma senza svolgere Elio, bensì degli *elettroni* (atomi di elettricità negativa), e si trasforma in Radio C.[1]

Il radio C^1 vive per 19 $^1/_2$ minuti, e si trasforma in Radio C^2, emanando elio.

$$\begin{matrix} \text{Radio } C^1 & \text{Elio} & \text{Radio } C^2 \\ 214.4 = & 4 + & 210.4 \end{matrix}$$

In 2 $^1/_2$ minuti, solita alterazione in radio D, ma senza sviluppo di Elio, bensì di elettroni.

Il radio D, mette 16 anni e mezzo a decomporsi per metà, e dare un radio E, che per metà si altera in 5 giorni e finalmente diventa Radio F, che è poi il *Polonio* della signora Curie.

La metà di esso, in 140 giorni, perde un atomo di Elio, e si trasforma in un metallo, che pare sia piombo:

$$\begin{matrix} \text{Polonio} & \text{Elio} & ? \\ 210.4 = & 4 + & 206.4 \end{matrix}$$

Il peso atomico del piombo non è 206.4 ma bensì 207.10; mancherebbe perciò la corrispondenza. Ma il radio originale potrebbe avere per peso atomico 227.10 invece di 226.4. Infatti esso viene dall'Uranio, il quale ha un peso atomico di 239.4 (vi è però chi gli dà 238.5), dopo che ha perduto tre atomi di elio, che equivalgono a 12 (un po' meno perchè $3.994 \times 3 = 11.98$).

Allora, prendendo per l'Uranio il peso atomico dato da Clarke

$$239 - 11.98 = 227.02.$$

Se il radio pesasse 226.8, e l'Uranio 239.4, si avrebbe modo di calcolare anche il peso degli elettroni emessi dal radio *B*, che sarebbero dati da:

Uranio Radio 3 Elio

$$239.4 - (226.8 + 12) = 239.4 - 238.8 = 0.6$$

e peserebbero quindi 0.6.

L'energia radioattiva è dovuta alla espulsione di particelle di Elio, che partono ad una enorme velocità. Queste particelle urtano gli atomi di altri corpi e li trasformano. Così, il solfato di rame produce del litio (metallo della serie del sodio). Il torio, il zirconio, il titanio e il silicio sembrano retrogradare al carbonio, perchè mescolando alle soluzioni di loro composti, del niton, si trovano trasformati invariabilmente in acido carbonico; tale cosa però non succede pel cesio, l'argento, il mercurio, ed altri.

Il Torio, per suo conto, presenta anch'esso delle trasformazioni, per cui da esso possono derivarsi: il radiotorio - il torio X - emanazione torio - Torio *A* - Torio *B* - Torio *C*.

Se al calore interno deve corrispondere una azione del radio, si può spiegare che ai fenomeni

vulcanici ed ai loro prodotti, si debbono accompagnare delle piccole proporzioni di radio o dei prodotti della sua alterazione.

Così si spiegherebbe la radioattività di certe acque termali; la presenza di radio in certi prodotti vulcanici (Ischia) e la presenza dell'*elio* nelle sublimazioni vesuviane, che venne scoperta dal Palmieri, nel 1881, e di cui parlò più recentemente il Flores (1).

Anche la tensione elettrica che si manifesta nelle emanazioni di un vulcano, durante una eruzione, può essere ascritta ad elettricità prodotta dalla massa di vapor d'acqua, emanata, che si confrica, e fa come, analogamente, avviene nelle nubi. Ma potrebbe anche dirsi che tale tensione dipenda dall'accumularsi degli elettroni sviluppati nelle trasformazioni del radio, in concomitanza colla emanazione dell'elio.

III.

Il gradiente della temperatura della crosta terrestre, a profondità X e tempo t è dato da una formula, che è la seguente:

$$\frac{dt}{dX} = \sqrt{\frac{T_0 \times e^{-X^2\,{}^3/_4\,Kt}}{4\,\pi\,Kt}}$$

(1) E. Flores. *La scoperta dell'Helium nelle sublimazioni vesuviane. - La gioventù Italiana.* 1909, n. 7.

in cui T_0 è la temperatura iniziale della superficie, K la conducibilità calorifera del materiale. Per la Terra, X è piccolo e t è grande, se si vuole calcolare in t l'età della Terra. Allora quella formula può ridursi alla seguente:

$$\frac{dt}{dX} = \frac{T_0}{\sqrt{4 \pi K t}}$$

Calcolando così il raffreddamento della Terra, molti hanno voluto calcolarne l'età. Ma quanto qui riferiamo, ha interesse, perchè riguarda la questione del calore interno.

Lord Kelvin, calcolò l'età della Terra in questo modo, e trovò una cifra di 40 milioni di anni. Ma egli non conosceva la esistenza del radio e delle sostanze radio-attive. Per arrivare ad una esistenza di 280 milioni di anni, come ha calcolato lo Strutt, in base alla formazione dell' elio, nella torianite, ed avere ancora il gradiente (che ammettesi attualmente) occorreva un' altra sorgente di calore, che sopperisse alle perdite continue di calore che fa Terra.

L' accrescimento di temperatura colla profondità fu calcolata da:

Prestwich	in 2430 cm.	-	da Kelvin	in 2750
Schardt	» 3200 »	-	» Geikie	» 3100
British Ass.	» 3240 »	-	» C. King	» 3890

Il coefficiente di conducibilità del calorico, fu calcolato:

p. roccie sed. da 0,0055 a 0,0021 - media 0,0041
» » ignee » 0,0053 a 0,0017 - » 0,0042

La formula che dà la corrente di calore che esce dall'interno della Terra sarebbe dunque:

$$C = 4\pi r^2 K \frac{dt}{dr}$$

e ponendo

$$K = 0{,}004 \text{ e } \frac{dt}{dr} = \frac{1}{3200}$$

abbiamo

$$C = 5{,}1 \times 10^{18} \times 0{,}004 \times \frac{1}{3200} =$$

$$= 6{,}4 \times 10^{12} \text{ calorie per } 1'.$$

Kelvin faceva sopperire, dunque, a questo disperdimento, il solo calore interno. Rutherford e Soddy, il calore prodotto dalla disintegrazione del radio.

La quantità di radio determinata nelle roccie ignee è:

Osservatore	grammi di radio per grammo di roccia	Numero di campioni osservati
Strutt	$1,7 \times 10^{-12}$	28
Eve e Mac Intos	$2,6 \times 10^{-12}$	4
Fletcher	$0,79 \times 10^{-12}$	19
Farr e Florence	$1,46 \times 10^{-12}$	13
Medie e totali	$1,3 \times 10^{-12}$	64
Joly	$7,01 \times 10^{-12}$	126
Media generale	$4,1 \times 10^{-12}$	

Il radio, abbandona 0,06 di caloria per 1″, quindi per grammo di roccia avremo una quantità di calore di:

$$4,1 \times 10^{-12} \times 0,06 = 2,5 \times 10^{-13} \text{ calorie al } 1''.$$

Oltre al radio però, vi è anche il torio, che abbandona calore nelle sue trasformazioni.

La quantità di torio contenuto nelle roccie è così calcolato:

Osservatori	grammi di torio per grammo di roccia	Numero di roccie osservate	Località
Fletcher	$0{,}56 \times 10^{-5}$	28	Transandine
Joly	$1{,}3 \times 10^{-5}$	59	S. Gottardo
Blanc	$5{,}00 \times 10^{-5}$	4	Lave europee
Medie e totali	$1{,}30 \times 10^{-5}$	82	

Il calore emesso dal torio è di:

$$5 \times 10^{-9} \text{ calorie per grammo e per } 1''$$

e così per quello contenuto in un grammo di roccia:

$$6{,}5 \times 10^{-14}$$

nell'insieme, torio e radio:

$$(24{,}6 + 6{,}5) \times 10^{-14} = 3 \times 10^{-13}$$

in tutta la Terra abbiamo:

$$6 \times 10^{27} \text{ grammi di materia}$$

ed il calore emesso sarebbe:

$$1,8 \times 10^{15} \text{ calorie per } 1''$$

ossia circa 300 volte quello occorrente a sopperire alla quantità che si disperde e che vedemmo essere:

$$C = 6 \times 10^{12} \text{ calorie al } 1''.$$

In altra parte della memoria è calcolato il volume delle roccie che devono contenere radio e torio e quindi lo spessore della crosta, che ne consegue *(V. Appendice Cap. II - Parte I)*.

CAPITOLO VII.

ACQUE - MAREE

§ I. — Quantità di acqua sulla Terra.

Il peso dell' acqua degli oceani, secondo Van Hise, è di:

$$1\,322\,355 \times 10^{12} = 1\,322\,355\,000\,000\,000\,000$$ tonnellate.

Winchell dava:

$$1\,285 \times 10^{15}$$

cifra inferiore, ma non enormemente.

Aggiungendo le acque dolci, che fanno poche migliaia di chilometri cubici, potremo arrivare, per esempio, a:

$$1\,350 \times 10^{15}$$ tonnellate.

Calcolando $^8/_9$ di ossigeno e $^1/_9$ di idrogeno, abbiamo:

1200×10^{15} tonnellate di ossigeno
150×10^{15} tonnellate di idrogeno

(il calcolo non è perfettamente esatto perchè per l'acqua degli oceani abbiamo da calcolare un 3 % di salsedine, ma vale come cifre tonde).

L'energia cinetica delle molecole di idrogeno è superiore alla attrazione che la Terra esercita su di esse, per cui l'idrogeno libero non può sussistere alla superficie della Terra, ed esso sale nell'atmosfera, si diluisce e sparisce negli spazi interplanetari.

L'acqua, dunque, non è venuta sul nostro globo per diretta combinazione dell'idrogeno coll'ossigeno. Prima si dovevano formare, dicono alcuni, gli idrocarburi, e poi questi essere decomposti ed ossidati dall'ossigeno.

Siccome nell'aria abbiamo, in acido carbonico:

secondo Letts e Blake 2 381 400 000 000 tonnell.
secondo Dittmann 2 377 000 000 000

e siccome Van Hise calcola che nelle roccie vi sono, per tutta la Terra:

30 379 500 000 000 000 tonnellate

e nei sali disciolti nelle acque:

96 531 915 000 000 tonnellate d'acido carbonico

in totale, sulla Terra, vi sarebbero:

30 478 413 315 000 000 tonnellate di CO^2

ossia 13000 volte, circa, la quantità che è nell'atmosfera.

In cifra tonda:

$$30,5 \times 10^{15}$$

e di carbonio ve ne sarebbero

$$8.3 \times 10^{15} \text{ tonnellate}$$

e anche se fosse stato nella combinazione CH^4, coll' idrogeno, bastavano a saturarlo allo stato di idrocarburo:

$$5,55 \times 10^{15} \text{ tonnellate di idrogeno,}$$

mentre ne abbiamo 150×10^{15} tonn. nell'acqua.

Dunque non si può spiegare la formazione di tutta l' acqua ancora esistente sul globo, colla ossidazione degli idrocarburi.

La nostra ipotesi che, in origine, la nostra Terra fosse un ammasso di materia unica nella quale (per fenomeni di radioattività se vogliamo) si individuavano i vari corpi chiamati *semplici*,

rende facilissima la spiegazione della formazione dell'acqua perchè, appena dell'idrogeno si individuava, era certamente preso dall'ossigeno allo stato nascente e trasformato in acqua.

Ne verrebbe che la presenza di acqua sulla Terra fu molto anteriore a quello che si crede. Per la grande quantità di calore che si sviluppava dalle continue reazioni chimiche che avvenivano, è possibile che quest'acqua si tenesse intorno al globo, formando un'atmosfera di vapor d'acqua, ma quando la coperta di roccie, ossia dei prodotti della fermentazione, come l'abbiamo chiamati, della sfera di materia unica, fu sufficientemente spessa per formare un buon strato coibente, l'acqua si è precipitata sulla Terra.

§ II. — **Diminuzione.**

Di quest'acqua abbiamo dovuto avere un consumo continuo, perchè i fenomeni di sedimentazione ad esempio, sono molto meno intensi di quello che erano nelle epoche geologiche più antiche; anche a memoria d'uomo sparirono laghi, paludi, stagni, ed i climi tendono a divenire più asciutti.

Abbiamo poi il fatto che un sollevamento di costa avviene generalmente su tutta la Terra.

I fenomeni di bradisismo (V. Cap. VIII) fanno emergere lentamente, ma continuamente delle

spiaggie e delle coste, è vero, ma ne abbiamo di quelli che, contemporaneamente ne fanno abbassare altre. Così la Scandinavia emerge al Nord e si sommerge al Sud, ed abbiamo, in molte occasioni, potuto dimostrare che l'estrema Calabria si immerge da Villa San Giovanni al Capo dell'Armi, ed emerge da Scilla a Gioia Tauro, mentre corrispondentemente la punta N-E di Sicilia si immerge da Ganzirri al Faro, ed emerge Ganzirri a Taormina.

Tali bradisismi possono dunque spiegare alcuni sollevamenti di coste e spiaggie, ma non tutti quelli che si osservano.

Lo spostamento della posizione dei poli sulla superficie terrestre può far sollevare una parte della crosta, come abbiamo visto, ma ne fa abbassare altre, e le acque, conseguentemente si spostano e devono dunque, apparentemente, quà ritirarsi e là invadere.

Invece, sul nostro pianeta, in tutte le latitudini ed in tutte le longitudini, possiamo vedere, sopra coste dirupate, le testimonianze di emersione dalle acque: o dei lidi creati dal mare, e attualmente inaccessibili a questo anche nelle più forti mareggiate, o delle isole madreporiche, create da polipai, che vivono in acqua, ed attualmente sollevate di parecchi metri sul livello del mare (1).

(1) E. Cortese. *Sollevamenti di spiaggie e di coste e loro cause*. Boll. Società Geologica Italiana. Vol. XXVIII, 1909, fasc. I.

Dall' insieme di queste osservazioni bisogna dedurne che abbiamo un continuo consumo di acqua sulla Terra e di questo ne abbiamo fatto cenno parlando della crosta e delle fratture geologiche.

Secondo noi, il grande consumo avviene per la penetrazione libera che l'acqua degli oceani fa lungo le fratture suddette.

Altri, molti, si sono preoccupati specialmente della potenza di assorbimento che hanno le roccie costituenti la crosta terrestre, cosa non facile, del resto, perchè se anche si fanno esperimenti su tutte le roccie conosciute, non sappiamo quale sia il loro grado di porosità o di compattezza, ad una certa profondità.

Quelli che hanno fatto certi studi non hanno tenuto conto della penetrabilità dell'acqua nelle fratture, la quale è di ordine ben superiore a quello di imbibizione nelle roccie, inoltre i loro studi furono fatti in epoca anteriore alla presente, in cui la esistenza delle grandi fratture fu provata, e la loro importanza messa in piena evidenza.

Geologi illustri, come Durocher, De la Bèche, Sterry Hunt, Delesse, Seemann, ed altri, se ne sono occupati.

Mentre il dott. Cutting, geologo dello stato di Vermont, avrebbe fissato l'indice di impregnazione, rispetto all'acqua, in

$$i = 0.00403$$

Sterry Hunt, per le roccie americane, ha trovato i seguenti indici:

Arenaria di Potsdam (dura e bianca)	da 0.139	a 0.272
Arenaria di Medina	» 0.0837	a 0.1006
Calcari devoniani.	» 0.2064	a 0.2127
Scisti	» 0.0075	a 0.0794
Calcari (1)	» 0.0030	a 0.0527
Dolomiti	» 0.0265	a 0.1335
Calcari terziari	» 0.02693	a 0.2954
Granito (indice medio)	0.004303	

Il comitato speciale incaricato di questi studi nel 1830, e di cui faceva parte il De la Bèche, ha trovato i seguenti coefficienti, sempre riferibili al volume:

Calcari siliciosi . . .	0.053 - 0.085 - 0.109 - . . . . .
Calcari quasi puri . .	0.180 - 0.206 - 0.244 - 0.310
Dolomie	0.182 - 0.239 - 0.249 - 0.267
Arenarie . . .	0.107 - 0.112 - 0.143 - 0.153 - 0.174 - 0.221

Winchell nel suo libro: *World life or Comparative Geology*, dà una formula per calcolare il raggio *r* della sfera che rimarrebbe asciutta dopo che tutta l'acqua dell'Oceano fosse stata assorbita dai pori della crosta terrestre, in base ad

(1) Come sappiamo, i calcari non sono permeabili per sè stessi, ma per le esili fenditure *(litoclasi)* che presentano. Di qui la grande discrepanza, dovuta al metodo di esperimento, fra i resultati di Sterry Hunt, e quelli de la Bèche.

un volume d'acqua, che abbiamo veduto essere equivalente a 1285×10^{15} tonnellate, e che chiama *A*.

Abbiamo:

$$^4/_3 \pi R^3 - \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{A}{i}$$

$$r^3 = R^3 - \frac{3A}{4 \pi i}$$

Egli ammette che la crosta sia saturata fino alla profondità in cui, per il calore interno, si ha la temperatura di 100°, partendo dalla zona di temperatura costante, a 9°. Così ha trovato che quando il pianeta fosse completamente freddo (egli ammette un calore centrale) tutta l'acqua dell'Oceano e della superficie sarebbe sparita, e la Terra ne sarebbe imbevuta per uno spessore di 800 chilometri, pari ad un volume che è il 0,3276 di quello della Terra.

Se la Terra, dopo *bevutasi* tutta la sua acqua, dovesse, al pari della Luna, beversi tutta, o quasi tutta, la sua aria, non potrebbe farlo perchè il volume dell' atmosfera terrestre è 2.723 volte quello dell'acqua.

Tutto ciò non collima perfettamente colle nostre idee, ma in parte sì; in ogni modo, è interessante tenerne conto.

Durocher ha determinato la quantità d'acqua che è rinchiusa nei pori delle roccie cristalline, ed ha trovato che l'indice di imbibizione è:

$$i = 0.0127$$

Il peso dell'acqua degli oceani è $^1/_{4444}$ di quello della Terra, per cui su questa si avrebbe:

parte solida	0.999775
acqua	0.000225

il che corrisponde ad un rapporto 200 volte minore dell'indice di permeabilità dei minerali studiati da lui.

Secondo Meunier, se ne deduce che una enorme quantità di acqua fu fissata nella parte solida della Terra (nella crosta) dal principiare della formazione nelle roccie, e quindi il mare ha subìto una enorme diminuzione di volume.

Questo concorda colle nostre idee, ma siccome non possiamo ammettare che tutta la Terra, ossia anche il suo nucleo, sia imbevuto di acqua, come i minerali e le roccie studiate da Durocher, prendiamo questi calcoli, non a base, ma come prova concomitante alle nostre idee sul grande consumo di acqua che si ha sulla Terra continuamente.

Per noi, come abbiamo detto, il più gran consumo di acqua si ha nella ossidazione di metalli

e metalloidi prodotti dalla alterazione della materia costituente il nucleo.

Secondo il Suess (1) al consumo di acqua sopperisce la generazione d'acqua che egli chiama « *giovanili* » e che sono quelle che si generano nei focolai vulcanici e sono emesse insieme ad acido carbonico, cloruro di sodio, anidride solforosa, ed altri gas, che egli chiama egualmente, tutti, « *giovanili* ».

Può darsi che ancora adesso dal nucleo si generino, per polimerizzazione degli atomi della materia unica, dell'idrogeno e dell'ossigeno e che questo ossidando quello, rigeneri acqua (2).

Ma se osserviamo quello che succede negli astri e nei pianeti che non hanno ancora una crosta, vediamo, dai loro spettri, che domina l'idrogeno e l'elio, finchè sono ancora allo stato più fresco, diciamo, ossia più lontani dal consolidamento; ma che poi, poco a poco, diminuisce la proporzione di quei corpi semplici ad atomi leggieri, e cominciano a emanare, dalla materia unica, corpi di atomi sempre più pesanti.

Così, dal nucleo centrale, della Terra, dove si è concentrata la materia unica, non dovrebbero più generarsi che metalli o metalloidi di più

(1) *Ueber heisse Quelle.*

(2) Ma tutto ciò che *rigenera* acqua, sta a diminuirne il consumo sulla Terra, e rappresenta una restituzione di parte di ciò che fu tolto.

alto grado atomico, e l'assorbimento dell'ossigeno sarà grande, per ossidarli.

Del resto, tutte le roccie sono formate da combinazioni ossigenate, e l'ossigeno che si produceva era tutto assorbito, dai metalli e metalloidi, oltre che dall'idrogeno; libero è rimasto l'ossigeno dell'aria, dove se ne hanno

$$1200 \times 10^{12} \text{ tonnellate,}$$

mentre nelle acque ne abbiamo ancora:

$$1200 \times 10^{15} \text{ tonnellate.}$$

Secondo Suess, come abbiamo detto, dalla decomposizione dell'acqua, nell'interno della crosta, si rende libero dell'idrogeno che insieme a vapori solforosi e idrocarburi, esce lungo le fratture geologiche, e specialmente dai vulcani. Ma questi corpi, incontrando dell'ossigeno libero, penetrato dall'atmosfera, o prendendolo dalle roccie che incontrano, disossidandole, formano dell'acido carbonico, anidride solforosa, ed acqua.

Abbiamo dunque una prima forma di restituzione di acqua, che l'interno della crosta fa alla superficie e ciò in quantità trascurabili, rispetto alla massa d'acqua dell'oceano, ma non piccola. Infatti, nella sola eruzione dell'Etna, del 1865, Fouqué calcolò che il vulcano emetteva 11.000 m. cubi d'acqua al giorno e ciò (cosa di cui dubi-

tiamo) per tutti i 200 giorni in cui durò l' eruzione.

Le acque termali che pure vengono da una certa profondità, rappresentano un'altra forma di tale restituzione.

Per la sola Francia, De Launay calcola che le acque termali versino 700 000 ettolitri al giorno, sulla superficie.

Armand Gautier (1) ha fatto delle esperienze su varie roccie, che ha polverizzato e sottoposte, prima a 200°, e poi al calor rosso. La quantità di acqua che ne esce è, nel secondo periodo, tripla di quella che si ricava nel primo periodo, all' incirca.

Così, dice egli, se un chilometro cubo di granito cadesse dalla crosta sulla massa incandescente del nucleo, svilupperebbe 25 a 30 milioni di metri cubi d'acqua, e il doppio se si trattasse di ofite.

Vi è da obbiettare, in primo luogo, che a quelle temperature l'acqua si decompone nei suoi elementi.

Inoltre, il Gautier sembra ammettere il nucleo fuso e la famosa intercapedine fra la crosta ed esso, in modo che possa avvenire il distacco, dalla parte interna della crosta, di grandi masse di roccia.

(1) A. Gautier. *La genèse des eaux thermales et ses rapports avec le vulcanisme.* Annales des Mines - X.ème série, 1906 - Tome IX, 3.ème Livraison.

Ma sorpassando alle altre considerazioni fatte nel capitolo in cui parliamo della crosta terrestre, osserviamo che quelle roccie rimaste per centinaia di secoli forse, certo per molti mesi, di faccia a quel nucleo incandescente o fuso, devono esser così *arrostite* (1) che, se anche contenevano in origine acqua e gas, di idratazione e di combinazione, devono averli perduti ben prima di ricadere nel caldaione il quale, con vero lavoro di sisifo, prepara gli strati di rinzaffo interno alla crosta, per poi vederseli ricadere addosso a brandelli di chilometri cubici!

Un vero Saturno che mangia i suoi figli!

Il Suess *(Aublicht der Erde)* basandosi sulle ricerche del Fischer, ci dice che i continenti esercitano sulle acque una potente attrazione e che perciò il mare si innalza di molto lungo le coste.

Così la superficie di un mare, a parte la sfericità della superficie terrestre, e considerando questa orizzontale, formerebbe una specie di menisco concavo.

Calcolando che ogni oscillazione diurna del pendolo in più del normale corrisponde a 122 metri di minor distanza dal centro della Terra, Hann, sui dati di osservazione dei Fischer, ha

(1) Questo granito sarebbe stato esposto a quel calore, in un vero forno a riverbero, perchè chiuso da tutte le parti, quindi sarebbe stato certamente torrefatto al calor rosso in pochi giorni.

trovato che per le 9 oscillazioni di differenza trovate fra quelle in un' isola oceanica e quelle sopra una costa, dobbiamo avere su questa un sollevamento di 1100 metri. Se non ci fosse questo fenomeno speciale il continente emergerebbe molto di più.

Dobbiamo dire che queste asserzioni ci sembrano esagerate, e sono inaccettabili per quello che diciamo in altra parte. Infatti, in primo luogo, l' isola emergente nel centro dell' Oceano rappresenta una massa terrestre importante che esercita anche essa una attrazione sull' acqua; inoltre, la profondità dell' Oceano rispetto alla sua larghezza è minima, e tali menischi sono inammissibili. Fra l'Australia e l'America del Sud abbiamo la massima profondità degli oceani, in circa 9000 metri, mentre la distanza è di 14 000 000 di metri circa, per cui la profondità è $\frac{9}{14\,000}$ della larghezza, cioè un nulla, e ancora vi sono delle isole emergenti (proprio dove è la massima profondità) dovunque.

Al Congresso Geodetico Internazionale anzi, si portarono i resultati di sistematiche osservazioni col pendolo, e fu concluso che l' accelerazione della gravità è in eccesso sugli oceani, in generale, e deficiente lungo le coste. Dipoi Hecker ha trovato che fra Lisbona e Bahia le variazioni della gravità sono piccolissime e che

il valore di esse corrisponde a quello che si avrebbe alle stesse latitudini entro terra, a livello del mare.

Così, dunque, l'idea di una maggiore forza di attrazione presso le coste dei continenti deve essere abbandonata. L'uniformità del valore delle gravità, anzi, per ciò che fu trovato nel Pacifico, il suo maggior valore sull'oceano, portano a che l'acqua non debba nè possa formare quella sopraelevazione presso ai continenti, di cui parla il Suess, è molto meno poi di 1100 metri, come fu calcolata.

Secondo la teoria dell'*isostasi*, ad una certa profondità cessa ogni movimento di massa, e quindi per aver equilibrio, si ha accumulazione di materia dove si hanno parti sottostanti (o sovrastanti) della crosta, meno dense, e viceversa.

Le grandi fosse oceaniche sono quelle che ci dànno le massime profondità; eccezionale ed unica quella di 9000 circa ad Est delle isole Tenga, ma cospicue pure quella di più di 8000 ad Est del Giappone, ed altre. Esse si trovano al piede di continenti allungati come esse, o di catene di isole ad esse parallele, e sono chiari rappresentanti di fratture geologiche e conseguenti dislocazioni.

Ma se facciamo la sezione topografica attraverso quelle fosse, estendendola al continente da una parte, ed al resto del fondo oceanico dall' altra,

troviamo che la ruga sensibile esiste, ma non è tale da dover pensare a speciale dinamica nelle roccie e nell'acqua, per compensare l'accumulo di acqua in quel punto, e generare uno speciale menisco con sollevamento rimarchevole dell'acqua verso la costa.

La distribuzione dei vulcani lungo linee di costa, accompagnate da fosse profonde marine parallele, lo abbiamo già spiegato col fatto appunto che lungo quelle coste corrono importanti linee di frattura. Le filtrazioni dell'acqua marina lungo quelle fratture, colla pressione derivante dalla profondità delle fosse, sono concomitanti, ai vulcani, non causa della formazione di questi, e sono poi, come abbiamo detto altrove, artefici collaboratori per lo sviluppo di centri interni di calore, per l'estrinsecazione di moti tellurici (terremoti), ecc., ecc., ma tutto in relazione alle fratture geologiche.

Arrhenius, See, oltre al Lyell, al Naumann e molti altri, pensano bene che il fondo del mare è permeabile all'acqua, quindi per ragioni varie, pensano ad un consumo di acqua.

Alcuni, abbiamo veduto, lo spiegano colla sola imbibizione delle roccie, noi, specialmente, col consumo chimico, per decomposizione dell'acqua e per accaparramento dell' ossigeno da parte di metalli e metalloidi allo stato nativo.

Si domanderà dove va tutto l'idrogeno corri-

spondente a quell'ossigeno e quindi all'acqua consumata.

Come il Suess e come il Gautier, pensiamo anche noi che esso sfugge immediatamente per le fratture. Non si ricombina all'ossigeno, formando delle acque giovanili, perchè allora saremmo in un circolo vizioso, e si rigenererebbe tanta acqua quanto è quella che si consuma. Può forse disossidare al passaggio qualche composto ossigenato poco stabile, riformando un po' di acqua, ma non è fenomeno che possa svolgersi in grande.

L'idrogeno sfugge, esce dalle fratture della crosta, e siccome non può sussistere sulla Terra, per la sua forza cinetica, si solleva nell'atmosfera ed è perduto per sempre.

In altra sede (sismologia) vedremo cosa è l'effetto di questa emanazione di idrogeno, di cui abbiamo parlato anche in altra sede.

L'emersione di terre e spiaggie, non è tutta dovuta, fortunatamente al consumo dell'acqua, altrimenti questo sarebbe davvero assai forte. Per una certa aliquota è causato dal rigonfiamento della crosta, per il suo accrescimento interno, idea che ha anche il See, e che esprime sotto altra forma, spiegando il sollevamento dei continenti per via magnetica.

Certo, emessa così crudamente, l'idea, solleverà subito l'obbiezione che anche il fondo dei

mari rigonfierà e quindi l'acqua si solleverà parallelamente alle terre emerse; la rispettiva posizione deve restare la stessa, talchè non dovremmo vedere, per questo titolo, nè emersione di terre, nè ribassamento del livello delle acque.

Ma come lo spiegheremo meglio nel capitolo della sismologia, dalle due parti di una frattura, le due parti della crosta non si sollevano egualmente. Se la crosta fosse un guscio uniforme, ben chiuso e solido, esso si solleverebbe, ossia rigonfierebbe uniformemente, ma fissurato come è, e appunto per quello che succede al fondo delle fessure, sul nucleo, il rigonfiamento avviene, ed il movimento si propaga, ancora più accentuatamente, da una parte della frattura che dall'altra, e da una parte, avendosi la costa ed il continente emerso questo tanto più, lentamente, ma continuamente, emerge.

§ III. — **Maree.**

Il fenomeno di marea, ossia di attrazione che un corpo celeste esercita sopra i materiali che trovansi sopra un altro, è di grandissima importanza.

L'azione è reciproca fra i due corpi ma, naturalmente, è preponderante quella del corpo di maggiore massa, mentre poi è risentita maggiormente dagli elementi meno compatti che sono alla superficie dei due globi. L'attrazione è in-

versamente proporzionale al quadrato della distanza che intercede fra i due corpi celesti.

Così ne viene che per la Terra, per esempio, l'azione che esercita la Luna con una massa che è 0,0123 di quella della Terra, sta all'azione esercitata dal Sole, che ha una massa 316 000 maggiore della terrestre, come 5 a 2. E quindi nelle sigigie l'azione di marea sarebbe di 7, rispetto a quelle delle quadrature, che sarebbe di 3 (1).

Se sulla Luna esistessero ancora dei mari, essi risentirebbero, per effetto della Terra, una marea 134 volte più forte di quella che i mari terrestri risentono per effetto della Luna (2).

Quindi, se sulla Terra, la media di altezza di marea è di 0,37, sulla Luna, se esistessero dei mari, l'altezza di marea sarebbe di

metri 49,60.

---

(1) Quando la Luna è al perigeo, la marea terrestre è di 1.487 rispetto a quella esercitata quando la Luna è all'apogeo considerata come 1. Infatti, la differenza fra la minima e la massima distanza dalla Terra alla Luna è di 50,000 chilometri.

(2) Chiamando rispettivamente a - m - r - g' e A - M - R - g l'altezza di marea, la massa, il raggio, ed il valore della gravità, sulla Luna e sulla Terra, abbiamo la relazione:

$$\frac{a}{A} = \frac{M}{m} \times \frac{r}{R} \times \frac{g}{g'} \quad \text{e} \quad a = A\,\frac{M}{m} \times \frac{r}{R} \times \frac{g}{g'}$$

ora

$$\frac{M}{m} = 81.4 \qquad \frac{r}{R} = 0.2725 \qquad \frac{g}{g'} = \frac{1}{0.16547}$$

e ne risulta

$$a = 134\ A.$$

Per la viscosità relativa che ha l'acqua del mare (poichè neanche questa è un liquido perfetto, cioè senza viscosità) l'azione della marea porta un ritardo nel movimento del pianeta che la risente. Ripetiamo qui quanto sarà detto a proposito della Luna (1).

---

(1) Se un astro *A* gira intorno a sè stesso, nel senso della freccia, ed in *B* è un altro corpo che esercita un'attrazione sul primo, supponendo *A* coperto da un liquido uniformemente distribuito sulla sua superficie, la figura sferica *a-b-c-d* di *A*, diventerà un ellissoide *a'-b'-c'-d'*.

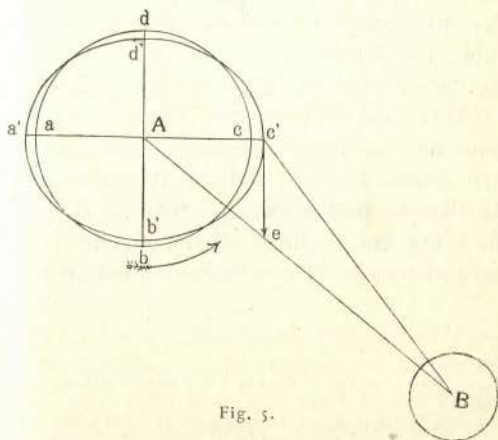



Fig. 5.

La totale altezza di marea è $cc' + dd'$, ma la vera massa di flusso avrebbe l'altezza cc', mentre l'opposta, che si chiamerebbe *antimarea*, aa' è un poco minore.

In causa della viscosità, la massima altezza di flusso non si presenta lungo la linea che unisce i due centri di gravità, *A–B*, ma un poco più

Secondo alcuni dunque, all'origine, la Terra doveva essere vicinissima alla Luna, anzi questa si sarebbe staccata dalla massa della Terra per la rottura dell'anello formatosi alla superficie della massa terrestre, nel periodo in cui si trovava ancora allo stato di tenuità (Teoria di Laplace).

Allora si sono generati i fenomeni di marea, ed è cominciato l'allontanamento reciproco dei due corpi, ma, per la minor massa, sensibile in misura enormemente maggiore, per la Luna.

Per lo stesso effetto, anche la Terra doveva allontanarsi dal Sole.

Nei primi periodi, in cui minore era la distanza della Terra dal Sole e dalla Luna, le maree dovevano dunque essere immani, come altezza, sul nostro globo. Il Prof. Ball ha calcolato che, durante l'epoca paleozoica, la distanza della Terra dalla Luna era $^1/_6$ dell'attuale e che le maree dovevano essere 216 volte più forti (proporzio-

---

avanti, e quindi l'azione di *B*, sulla massa sopraelevata, agisce secondo la linea *Bc'*.

Una componente di questa forza agisce secondo la tangente *c'e*, ed è diretta in senso inverso alla rotazione di *A* e quindi genera un ritardo nel moto di questa.

La piccola massa sollevata esercita anche essa un'attrazione su *B*, diretta secondo *c'B*, che si decompone in due, una da *B* verso *A*, centripeta, ed una tangenziale, in forza della quale *B* tende ad allontanarsi da *A*, e quindi, per trovar l'equilibrio deve seguire una più larga orbita. V. Parte II - Cap. VII - *La Luna*).

nate al cubo della distanza?) ossia di 200 metri all' incirca.

Come diciamo altrove (Cap. I - Parte I e nel Cap. VII - Parte II), il Darwin ha fatto una tabella che là riproduciamo, della distanza fra la Luna e la Terra, in varie epoche, calcolando anche la lunghezza del giorno sidereo, della durata della rivoluzione siderea della Luna, e della inclinazione del piano equatoriale su quello dell' orbita.

L'epoca in cui Ball calcola che avvenissero quelle enormi maree, non sappiamo bene a quale delle sue colonne farebbe corrispondere il Darwin (1). Certo che il Ball calcola che il giorno sidereo era allora di sole 7 ore, e quindi la marea si aveva ogni 3 ore e mezza.

Enormi masse di acqua invadevano i continenti, ritirandosi poi come torrenti rovinosi, che radevano addirittura le terre emerse portando al mare abbondante alimento per i depositi di sedimentazione.

Questa teoria può esser bella e, nel suo insieme catastrofico, anche seducente, specialmente essendo noi sicuri che tale stato di cose non si può rinnovare. Ma essa è inammissibile.

I forti depositi sedimentari che abbiamo sotto

(1) Se calcola che la distanza della Luna alla Terra era $^{1}/_{6}$ dell'attuale, ed il giorno di 6 ore, si risalirebbe a 56.808.000 anni or sono, circa.

forma di calcari, sono frutto paziente di organismi che prendevano tutte le particelle calcari sospese o disciolte nelle acque marine, per tranquillamente formare delle melme che poi si sono ridotte in strati di calcare.

Nelle epoche primarie, flora e fauna fossili non ci parlano di queste distruttrici maree, ma ci mostrano una relativa tranquillità nella vita degli organismi terrestri.

Per formare depositi argillosi (scisti argillosi e marnosi), depositi calcarei, arenarie, bisognava che i materiali tolti dalle acque alle roccie preesistenti sulla superficie terrestre, scendessero con una certa quiete al mare ed ivi, certamente con calma si classificassero, riunendosi: quelli a più grossi e pesanti elementi, presso la riva, le tenui particelle argillose più al largo, e quelle calcaree là dove gli organismi speciali le afferravano e le fissavano.

Ora, se queste enormi maree si producevano due volte al giorno, con intervalli di 3 ore e mezza, in pochi giorni la superficie sarebbe stata lavata completamente e messe a nudo le roccie vergini e compatte, e le nuove acque di marea non avrebbero trovato più nulla da asportare.

Inoltre, depositi così formati avrebbero avuto carattere caotico, niente arenarie a grana fina, e tanto meno depositi argillosi o calcari, ma solo conglomerati grossolani ad elementi poco arro-

tondati, anzi angolosi, certo poliedrici, irregolari, e niente altro (1).

La teoria enunciata, dunque, ingegnosa se vogliamo, cade anche essa davanti alla realtà dei fatti, e questo senza tener conto della esistenza di animali che tranquillamente hanno vissuto e prosperato in quei mari, mentre se ogni 3 ore e mezza doveva scendere quel flagello, la vita doveva essere impossibile!

Se vi furono maree così mostruose, ciò dovette accadere prima che il globo fosse *terracqueo,* perchè i depositi sedimentari, anche i più antichi (algonchiani) hanno tutt'altro carattere di quello che dovrebbero avere se i fatti esposti dal Ball si fossero avverati dopo la fissazione dell'acqua sulla Terra.

Ma il fenomeno di marea non è risentito solo dalle acque dell'Oceano. Vedremo fra poco che ne risente la stessa crosta solida del globo, e ne doveva tanto più risentire il globo stesso quando era allo stato fluido, e di tanto più vicino al Sole e alla Luna, per le considerazioni suesposte.

Fra i movimenti cui è soggetto il globo, oltre alla rotazione intorno al proprio asse ed a quello di rivoluzione intorno al Sole, sappiamo che vi

(1) Allora sì che sarebbero avvenuti grandi e rapidi spostamenti di masse, sulla superficie, e coi calcoli dello Schiapparelli potremmo invocare repenti spostamenti dei poli! Sarebbero stati diuturni, sensibilissimi, con relativi cambiamenti di climi e fratture.

è quello, molto meno importante in confronto, ma rilevatissimo, rapporto colle dimensioni della Terra, che è quello di *nutazione*. Un movimento simile a quello che ha una trottola, quando sta per finire l'impulso di rotazione ricevuto.

Questo movimento porta ad una variazione delle latitudini, perchè infatti corrisponde ad uno spostamento dei poli. La causa che lo produce fu ricercata, e si è individuata coll'azione delle maree, che portano degli spostamenti di masse di materia sulla superficie del globo. Di quì si vede nuovamente quale importanza abbia il fenomeno di marea, sopra un pianeta.

Si vede anche che, lo spostamento di poca materia fluida, che sarebbe simmetrico se l'acqua fosse uniformemente o solo simmetricamente distribuita sulla superficie della Terra, pel solo fatto che non è simmetrico, produce un sensibile spostamento dei poli, una apprezzabile variazione delle latitudini.

Anche al grossolano buon senso, e senza rirorrere ai calcoli che fece per primo lo Schiapparelli, apparisce chiaro quanto enormi dovevano essere queste conseguenze, quanto forti masse di materie solide cambiavano di sede sulla superficie terrestre.

Le conseguenze delle enormi maree, e conseguenti dilavamenti, immaginati dal Ball, sarebbero state, oltre al resto, quello di una continua

danza della Terra intorno al suo centro, una pazza ridda, fatta di capovolgimenti, e rotolamenti!

Nel nucleo fuso, la attrazione lunare e solare, risentita dalla Terra, deve egualmente provocare delle maree, per quanto tenui, tali da produrre straordinari effetti di pressione, di urto e, per la crosta, di stritolamento; dei movimenti con forte produzione di calore, in modo da rimettere in fusione parte della crosta stessa.

Sir William Thomson, il Prof. G. H. Darwin, il Pratt, hanno trovato che la Terra è formata da materia cedevole ed in conseguenza l'azione esercitata dall'attrazione congiunta del Sole e della Luna dovrebbe essere di m. 2,062, mentre sarebbe di 1,237 in un globo di acciaio e 0,686 in un globo di vetro. Anzi, W. Thomson precisa che la marea sarebbe ridotta a $^2/_3$ se la Terra avesse la rigidità dell' acciaio ed a $^2/_5$ se avesse quella del vetro, e G. H. Darwin, nel 1884 trovò che il fattore relativo al cedimento della superficie della Terra, sotto l'effetto dell'attrazione lunare e solare, dava il 0.676 di rigidità, talchè la Terra avrebbe i $^5/_6$ di quella dell' acciaio.

Flecker, nel 1909, ha trovato che l'ampiezza delle oscillazioni di un pendolo orizzontale, durante un giorno lunare, era i $^2/_3$ di quella che si doveva avere se la Terra fosse completamente

rigida (1) (V. *The Nature*, n. 2085 - Vol. 81, pag. 457 - 14 ottobre 1909).

Lord Kelvin (W. Thomson) dice che se la Terra fosse in gran parte liquida, la porzione liquida risentirebbe l'effetto della marea, e la crosta di 100 chilometri di spessore, dovrebbe spezzarsi regolarmente due volte al giorno.

Quando la Terra era più vicina al Sole, e la Luna più vicina alla Terra, la crosta era più sottile, avrebbe dovuto rompersi ogni momento e fuoruscire la materia fusa. Il continuo rimescolìo di materia, che pare caratterizzare il pianeta Giove, sarebbe provocato da fenomeni analoghi.

Tali accidenti, dicono alcuni scienziati che, pure, non hanno pensato ai cambiamenti di posizione dei poli, dovevano disporsi lungo i meridiani e da ciò ne è venuta la configurazione attuale della Terra e la speciale forma dei continenti.

Inoltre, poichè la componente tangenziale porta il ritardo della marea rispetto alla culminazione del corpo celeste che la provoca, si è detto che i tratti caratteristici della fisionomia della Terra dovevano essere delle linee dirette a N-E nell'e-

---

(1) Per la completa rigidità fu detto che la crosta dovrebbe avere 1500 chilometri di spessore. Abbiamo veduto nel Cap. II che il suo spessore è molto minore, ma del resto, non ammettiamo neanche il nucleo fuso, che pur ammetteva chi ha calcolato quella cifra minima di 1500 m.

misfero boreale, ed a S-E nell'emisfero australe, mentre il massimo spostamento con corrugamento, verso Est, si doveva avere nelle regioni equatoriali.

Ben studiato dunque, il fenomeno di marea è un grande ausilio per lo studio delle condizioni passate e future, della Terra.

Da esso deduciamo che vi fu un certo allontanamento della Terra dal Sole e della Luna dalla Terra; non relativamente rapido come lo hanno calcolato alcuni scienziati, ma continuo. Forse l'accelerazione, nel moto di rivoluzione siderea della Luna, di 12″, come abbiamo detto in altro capitolo, è dovuto alla mancanza d'acqua, e quindi di marea, sulla Luna.

Mercurio, e Venere, privi di acqua, sono dunque anche privi di marea, ed in Mercurio si ha una accelerazione.

Ma Luna, Mercurio e Venere, avendo consumata completamente la loro acqua, ed essendosi trasformati completamente in crosta o quasi, risentiranno forse ancora sulla superficie le azioni di attrazione del Sole e della Terra; e siccome volgono sempre la faccia all'astro principale, tutto si ridurrà ad una deformazione del pianeta, alla forma di uovo, colla punta più sporgente verso il Sole, per Venere e Mercurio, e verso la Terra, per la Luna, compensata, in quest'ultima, dalla azione di *palpito*, che imprimerà alla crosta lu-

nare, non completamente rigida, l'attrazione solare.

Colle opportune considerazioni fatte per il fenomeno terrestre di marea, ne abbiamo potuto dedurre in modo certo la mancanza del nucleo fuso e la poca rigidità della crosta terrestre, per cui la Terra tutta insieme ci si presenta ben diversa da quanto si credeva in passato.

Ridotta come è attualmente, la marea pare non aver importanza geografica o geologica, ma solo di navigazione o portuale, a parte la *nutazione* dell'asse terrestre che ad essa si imputa.

Per una regione che a noi interessa, lo stretto di Messina, ha però una certa importanza perchè, alle correnti che ne derivano abbiamo creduto di ascrivere la formazione del Porto di Messina (1).

Ed altre egualmente utili ed importanti osservazioni sull' effetto delle maree e delle relative correnti si possono fare in altre parti del globo. Certo è che nel passato della esistenza del nostro globo, come anche attualmente, le maree hanno avuto una influenza sulla vita e sulla configurazione del pianeta e quella del movimento di nutazione dell'asse polare, anch'essa importante.

(1) E. Cortese. *Formazione dello Stretto e del Porto di Messina*. Boll. del R. Comitato Geologico - gennaio 1882. — *Sull'origine del Porto di Messina e sui movimenti di mare nello stretto*. Boll. della Società Geologica Italiana. Vol III, fasc. 3°, 1889.

CAPITOLO VIII.

FENOMENI SISMICI

§ I. — Teorie sui terremoti.

Una memoria sulla sismologia richiede un voluminoso scritto, e maggiore competenza di quella che ha chi scrive questo capitolo.

Qui vogliamo solamente indicare i legami che, coi fenomeni sismici hanno: la struttura del globo terracqueo e le ipotesi che su questa, in altri capitoli, abbiamo emessi.

Fenomeni sismici non sono solamente i terremoti, o fenomeni *macrosismici*, ma anche i semplici *bradisismi*, i *microsismi*, ecc. Hobbs vuole ascrivere ad essi anche i *brontidi (barisal guns* degli inglesi — *Mist pfoeppers* dei fiamminghi).

I movimenti microsismici sono registrati dagli apparecchi sismografici speciali, di cui attualmente si hanno a disposizione di sensibilissimi.

Bradisismi, o lenti movimenti del suolo ne abbiamo in varie parti del globo, e ne abbiamo citati in altre parti del presente scritto.

Più importanti di tutti sono i terremoti, i quali sono la manifestazione più disastrosa della attività endogena della Terra. Infatti, qualcuno potrebbe ritenere che manifestazione più evidente e più cospicua fossero le eruzioni vulcaniche; ma bisogna considerare che queste avvengono in località di cui già si diffida, e quindi non molto abitate e, se colate di lava scendono dal cratere o da spaccature laterali del vulcano dove si formano crateri avventizi, essi non potranno mai portarci i danni che abbiamo veduto causare dei terremoti, e per i quali, pur troppo, l'Italia che già aveva un primato dopo il 1783 ne ha uno indiscusso, dopo quello del 28 dicembre 1908.

Procediamo con ordine se è possibile, e così diciamo perchè in questi fenomeni di attività endogena, come fu supposto caotico lo stato dell'interno della Terra, così disordinate e spesso cervellatiche furono le spiegazioni date ai fenomeni, ed alla stessa attività, e così avviene anche che le idee, molteplici, si presentano alla mente accavallandosi fra loro, e vengano disordinatamente espresse.

Secondo molti, dunque, nell'interno della Terra abbiamo un grossissimo nucleo di materia fusa. Gli stessi ammettono una crosta formata di roc-

cie assolutamente simili a quelle che conosciamo ma, prescindendo dalle formazioni sedimentarie createsi superficialmente e posteriormente, si tratterebbe di roccie cristalline e, fra queste, tutti cadono sull'idea del granito, il quale, nella mente dei profani, come in quella, ed è strano, di molti scienziati (astronomi, fisici, chimici, geologi) rappresenta il prototipo, l'unico tipo anzi, delle roccie costituenti la parte più profonda della crosta terrestre.

Evidentemente, si pensa che il nucleo consolidandosi per il suo lento raffreddamento (!) si rapprenda in granito, aggiungendo spessore alla crosta, dal suo interno. E' quello che, in altro capitolo, abbiamo chiamato il *rinzaffo*, la nuova mano di intonaco, dato all'interno della crosta terrestre. E tuttavia questa non ha raggiunto lo spessore di 2500 chilometri ($^1/_4$ circa del raggio terrestre) che sarebbe necessario alla sua rigidità; perchè abbiamo detto, parlando della crosta terrestre e delle maree, come sia esattamente provato che la crosta non è rigida e non può avere più di 100 chilometri di spessore, neanche secondo i più caldi partigiani della sua spessezza, della sua rigidità, del suo gradiente termico!

Quelli che pensano al nucleo fuso non hanno pensato, lo abbiamo già detto nel capitolo precedente, che il fenomeno di attrazione solare e lunare deve creare una marea anche in quel

macma fuso, tale da spingerlo contro la crosta e sfondarla, almeno dove è più sottile, due volte al giorno.

Non hanno pensato neanche che il granito ha una densità inferiore a 3, mentre il nucleo fuso ne ha una superiore a quella media della Terra, e che quindi quella parte che si consolida in granito deve raddoppiare di volume, creando un altro sforzo tendente a far screpolare la crosta, come l'acqua, trasformandosi in ghiaccio, fa crepare il vaso in cui si trova rinchiusa, con una azione certa ed incoercibile, che ben più energica dovrebbe essere nel caso considerato in cui, invece di una leggiera diminuzione di densità, dobbiamo avere addirittura la riduzione a metà.

Ma oltre alla crosta ed al nucleo, ecco che molti fra i precedenti opinanti, ammettono fra i due uno spazio libero. Niente si oppone, infatti, a che questo succeda in un corpo celeste e dove impera la legge di gravità. L'attrazione è verso il centro della Terra, ed intorno ad esso possono benissimo coesistere in teoria una sfera fusa e, a distanza da questa, una sfera cava, concentrica.

Quella intercapedine si presterebbe benissimo a ricevere le protuberanze della sfera liquida nucleare, causata dalle sue maree, e così si spiegherebbe perchè non avvengono le bigiornaliere rotture della crosta, calcolate da Lord Kelvin.

Ma allora, non si spiegherebbe neanche come possa andare ad appoggiarsi alla crosta esistente, il rinzaffo interno, costituito dal successivo consolidamento della materia fusa nucleare.

Sempre secondo gli stessi, i moti sismici sono causati da enormi distacchi, a chilometri cubici, della roccia costituente la parte interna della crosta, che cadono sul nucleo fuso, o direttamente o attraversando l'intercapedine, secondo quelli che la ammettono.

Il terremoto è causato dal distacco, o dall'urto che la caduta della parte distaccata produce sul nucleo?

Questo non ce lo spiegano bene, e noi non lo comprendiamo. Se vi è l'intercapedine, il nucleo che ha un enorme volume, perchè probabilmente (lo dicono essi) ha ancora un diametro di $^{62}/_{63}$ di quello della Terra, e che per di più è liquido, e quindi non trasmette l'urto, che ha una massa enorme, perchè ha la densità più che doppia di quella della crosta, non si scrollerà nemmeno per la caduta di 2 o 3 milioni, diciamo anche di 10 milioni di tonnellate di *granito*.

Queste tonnellate, a milioni cadranno sul nucleo, vi galleggeranno perchè di materia molto più leggera, e poco alla volta il granito si rammollirà e forse tornerebbe anche a fondersi. Per il semplice distacco, sotto a 100 chilometri di materia, anche se per uno spazio di 2 o 3 Km. cade

una sfoglia di $^{1}/_{100}$ di spessore della crosta, non crediamo che la superficie risentirebbe una scossa.

L'urto delle maree nucleari ci darebbe due disastrosi terremoti al giorno, oltre alle rotture della crosta, l'esistenza dello spazio vuoto fra nucleo e crosta ci spiegherebbe come ciò non avvenga. Ma allora non si può spiegare come si risentirebbe l'urto prodotto dal distacco di una gran massa di roccie interne, sul nucleo.

Potrebbero invece, quelli che credono a tale stato di cose, ammettere, e sarebbe più razionale, che il nucleo raffreddandosi, formasse delle scorie superficiali, come avrebbe fatto la Terra quando era tutta fusa e si costituivano le prime roccie cristalline (che però non hanno affatto l'aspetto di scorie). Queste scorie, più leggiere, galleggiano e per forza centrifuga sono proiettate fuori dalla sfera interna e vanno ad urtare la crosta.

Questa spiegazione dei terremoti sarebbe accettabile, dato che fosse ammissibile che le scorie fossero proiettate per forza centrifuga! Abbiamo detto che alla superficie della Terra, perchè delle parti solide potessero partire, spinte dalla forza centrifuga, essa dovrebbe avere un raggio di 1.844.000 chilometri. Ora il nucleo ha un diametro minore del globo intero; in esso è concentrato la materia più densa, e quindi la forza di attrazione al centro, ossia la gravità è, *relativamente* più intensa, data anche la minor distanza

dal centro, e quindi ancora più prevalente sulla forza centrifuga (1).

Quindi neanche questa ipotesi va, per spiegare i terremoti.

Supponiamo il nucleo fuso, aderente alla crosta; vi sarà una zona di materia pastosa, semifusa, fra l'una e l'altra, con densità crescente da quella del 2.6 del *granito* a quella di 5.79 del nucleo (quale risulta dal calcolo fatto ammettendo per la crosta lo spessore di 100 chilometri, ossia $^1/_{63}$ del raggio terrestre).

Una caduta, per distacco, di una grossa parte dell'interno della crosta, non può avverarsi.

Il *granito*, staccatosi, si appoggia sulla materia pastosa, ancora molto più densa di lui, e ciò senza urto. Ma se urto vi fosse, dovrebbe propagarsi agli antipodi; ora, essendo il nucleo fuso, esso inghiottirebbe la massa granitica fusa, senza far risentire contraccolpo agli antipodi, e ciò anche se fosse solido ed elastico come lo supponiamo. Infatti, se la crosta rappresentasse anche $^1/_{12}$ del peso della Terra, che è 6×10^{21} tonnellate, al nucleo ne rimarrebbero:

$$5.5 \times 10^{21}$$

(1) Sappiamo che un punto situato nell'interno di una sfera, è attratto dalla massa avente per raggio la distanza da quel punto al centro, e supposta sempre la massa concentrata in questo.

e se cadesse anche, in una sola volta l'enorme volume di 4 chilometri cubici circa di granito pari a 10×10^9 tonnellate, si tratterebbe dell'urto di una massa 1 contro ad una di

$$5.5 \times 10^{11}.$$

La sproporzione è tale che, anche con una forte altezza di caduta, il nucleo non si scuoterebbe neanche, e non si smuoverebbe di una frazione infinitesimale di millimetro!

Da questo lato, dunque, il campo è sbarazzato.

Il Wehner, considera la Terra con un nucleo solido, separato dalla crosta coll'intermezzo di una piccola zona liquida, della cui esistenza non dà la prova. Il nucleo girerebbe più lentamente della crosta talchè, in 952 anni farebbe, rispetto a questa, un giro completo, spostandosi di 360° da E. ad O. Sul nucleo vi sarebbero delle punte protuberanti, o attive, che vengono così successivamente a trovarsi sotto ai punti deboli della crosta, si urtano e generano terremoti e fenomeni vulcanici.

Perciò, dice egli (1) le aree di attività sismica o vulcanica si spostano continuamente verso Ovest, e così calcola che queste punte di attività si trovano attualmente alla zona equatoriale, fra

(1) H. Wehner. *Physikalische Zeitschrift*, 1 dicembre 1909.

1° N. e 1° S. e fra 35° e 40° di longitudine Ovest (Greenwich).

Coll'ammettere la irregolarità della superficie del nucleo e diversa resistenza della crosta, da un punto ad un altro, il Wehner non discorda dalle nostre idee; ma noi non sappiamo ammettere l'intercapedine, non più gassosa, ma liquida, che egli ammette e presuppone.

Inoltre, dove e come aver la conferma dello spostamento di cui parla? Dei vulcani si estinguono ed altri nuovi sorgono, o sorsero in tempi non assolutamente remoti; ma i terremoti avvengono sempre nelle medesime località. Così, quelli dello stretto di Messina, che sono tanto frequenti e talvolta catastrofici, ad esempio, si ripetono e dall'origine dell'Era volgare non si dovrebbero esser ripetuti che due volte, mentre lo fanno continuamente ed in 125 anni due volte in condizioni terribilmente disastrose mentre avrebbero dovuto, secondo tale teoria, farsi risentire in tutte le altre parti del mondo, lasciando in pace quella povera regione.

Se almeno avesse supposto che i terremoti si ripetono dove la crosta è debole, al passaggio di ognuna di quelle protuberanze; avremmo potuto dire, il che per noi è vero, che la crosta è più debole là dove si hanno forti manifestazioni sismiche e quindi, forzatamente, sotto le parti fratturate; ma egli localizza il fenomeno là dove

passa un punto *attivo* del nucleo, non dove si ha un punto, diciamo, *passivo*, della crosta.

Di che importanza sieno quelle protuberanze, non sappiamo; ma dobbiamo ricavare da quella teoria, che sono più sporgenti di quello che non sia lo spessore della intercapedine liquida, perchè vengono ad urtare la crosta; e la debolezza di questa non deve consistere in un minor spessore perchè allora, per dar l'urto, la protuberanza dovrebbe sporgere ancora di più, penetrare nella cavità, e allora vi si incastrerebbe.

La debolezza della crosta dovrebbe dipendere da lesioni avute da essa, e quindi dalla esistenza di fratture, o consimili.

Anche la teoria del Wehner, fosse pur basata sopra calcoli o sopra osservazioni, non ci pare accettabile, perchè non corrisponde ai fatti.

Noi cominciamo intanto a stabilire due cose:

1° che i fenomeni sismici avvengono sempre lungo speciali zone, che sono soggette specialmente alla forma violenta, dei terremoti, ma anche a quella più tenue, dei bradisismi.

2° che questi fenomeni, sieno essi terremoti, sieno eruzioni o risvegli di vulcani, avvengono irregolarmente ed a distanze di tempo variabilissime.

Resta inteso che vi sono zone percosse frequentemente dai terremoti, dove non si hanno vulcani, e vulcani che fanno sentire terremoti

solamente nei periodi di eruzione, anzi in quelli immediatamente precedenti all'eruzione, mentre altrimenti, le regioni contigue non ne risentono.

Dai due ordini di fatti sopra stabiliti se ne deduce che vi sono parti speciali della crosta terrestre, soggette più che altre a terremoti, ma perchè questi si facciano sentire devono intervenire altre cause.

Montessus de Ballore che ha accettata la espressione del Lapparent, il quale dipinge la crosta terrestre come un mosaico, un intarsio irregolare (un ouvrage *de marqueterie*), ammette un vero reticolato di fratture o faglie, geologiche, non delle semplici «*paraclasi*» che interrompono o rigettano una certa pila di strati e non si propagano come quelle, dalla superficie alla faccia interna della crosta terrestre.

Suess ascrive alle fratture geologiche l'estrinsecarsi dei fenomeni sismici cioè dei terremoti specialmente.

Lo scrivente già dal 1881 dimostrava, in varie note e memorie sullo stretto di Messina e la Calabria, quale nesso intimo egli riconoscesse fra l'esistenza delle faglie ed i grandi fenomeni sismici, nonchè coi più modesti di essi.

Hobbs (1) stabilisce, fra le altre cose, alcuni fatti principali sulla distribuzione della intensità

(1) William, Herbert, Hobbs. *On some principles of sceismic geology.* Leipzig - Willhelm Engelmann 1907.

sismica sulla superficie del pianeta, e precisamente:

a) è notevole che le regioni più danneggiate da un terremoto si trovano allineate lungo un andamento rettilineo che è una linea sismotettonica;

a) la linea sismotettonica è in relazione con contatti geologici, linee di costa, fianchi di massicci montuosi, ed altri allineamenti terrestri;

c) le regioni più tormentate sono presso o sopra la intersecazione di due linee sismotettoniche;

d) i vulcani si trovano soventi all'incontro di due linee sismotettoniche.

Così, dice egli, la violenza distruttiva di un terremoto è localizzata nei piani verticali di frattura della crosta terrestre, lungo queste screpolature, le onde sismiche sono trasmesse colla minima perdita di intensità.

Dunque, d'accordo col Suess, col Montessus, coll'Hobbs, siamo noi che indichiamo da tanto tempo le faglie come la vera causa occasionale, ossia *di luogo*, dei terremoti (1).

Si dice, e fu constatato talvolta, che nelle regioni più tormentate dai terremoti si ha una costituzione geologica speciale, per la quale i terreni terziari e quaternari posano direttamente

(1) Concordando fin dal 1895, quando fu pubblicata la descrizione geologica della Calabria, e furono descritte le fratture geologiche principali della regione, o dal 1883 (E. Cortese - *Interruzione dell'Appennino al Sud di Catanzaro*).

e sopra terreni antichi. Questo è vero per esempio per la Calabria ed il Messinese e per moltissimi altri luoghi della Terra, ad alta sismicità, ma non per tutti.

L'Alfano, ed altri con lui, classificano i terremoti che tormentano regioni di questo genere, come terremoti di assestamento, o di *rassettamento* (1).

Noi ci permettiamo di dissentire in quanto, osserviamo, che la scossa è risentita tanto dalle roccie arcaiche quanto dai depositi recenti, soltanto, quelle sono in massa enorme rispetto a questi, e questi si sono formati in golfi ed estuari insinuatisi fra monti di roccie antiche appunto perchè la fratturazione della crosta terrestre ha creato questi bacini, talora lunghi e stretti come quelli lungo la faglia dello stretto di Messina-Valle del Mesima, e quello della Valle del Crati, per parlare solo della regione Calabro-Sicula.

La scossa, risentita in minor misura dalla roccia solidamente assisa, è propagata al deposito eterogeneo che vi si posa sopra, ed esso ne risente non solo un effetto di scossa, ma uno di disgregazione e di distruzione.

Se un bioccolo di fango argilloso ci viene addosso per una causa qualunque, ce ne liberiamo con una brusca scossa della parte del

(1) ALFANO. *Sismologia moderna*, pag. 285. Manuali Hoepli, 1910.

corpo su cui è posato, e se non lo facciamo cadere tutto, lo disgreghiamo con quella scossa e ne facciamo cadere una parte. Mettiamo su un tavolo uno di quei pasticci che fanno per divertimento i ragazzi sulle spiaggie marine, e poi diamo un urto al tavolo; vedremo il pasticcio, che pure stava insieme, scomporsi, fendersi, in parte *franare*.

Identico fatto abbiamo, dopo un terremoto, nei monti di sabbie, più o meno argillose o cementate, che posano sulle roccie cristalline nelle regioni citate: gli scoscendimenti dei monti di Orti, di Calanna, di Pizzo, Tropea, Amantea, ecc., ecc.; le fenditure famose di Oppido e Polistena, del monte sopra Scilla, e via via, per non parlare che della sola Calabria, sono potenti testimonianze di quanto diciamo.

Non è dunque per rassettamento che si hanno questi terremoti, nè perchè, come ha detto qualche altro, la Calabria è *una terra in formazione!*

La Calabria, e così il Portogallo, il Venezuela, il Giappone, là dove sono terziari, sono perfettamente *formati*. Quei terreni hanno migliaia di secoli di età; a quest' ora sono già rassettati e consolidati, e non più consolidati di così, perchè tale è il loro tipo; tale e quale come si trovano arenarie tenere anche in terreni sedimentari antichi, perfino nel Trias e nel Carbonifero.

Anzi, se all' interno alcune masse plioceniche

sono tenere, ciò dipende dal fatto che le acque piovane ne disciolgono lentamente il cemento calcare che cementa le sabbie stesse; ma talvolta, nel taglio fresco, interno, si trovano durissime.

Osserviamo che con arenarie plioceniche, del più alto pliocene, e perfino quaternarie, ben scelte, si fanno costruzioni solidissime (come i viadotti della ferrovia Bari-Taranto); sono dunque roccie sedimentarie già formate e che hanno avuto tutto l'agio di rassettarsi.

L'età geologica non fa nulla; dal travertino, che si forma anche ai nostri giorni, all'epoca romana e successivamente, fino ai nostri giorni, si sono fatte, e si traggono le basi per colonne di granito, e per enormi monumenti, e le masse del travertino in posto sono solidissime.

La maggior sensibilità di quei terreni sedimentari recenti, alle scosse sismiche, dipende appunto dal fatto geo-tettonico della loro sedimentazione sopra roccie di una età enormemente più antica, per brusca trasgressione geologica. Le stesse arenarie plioceniche, che posassero sopra una pila di strati regolari, con tutta la serie sottostante: miocene, eocene, cretacico, giuraliastico, ecc., anche in località di alta sismicità risentirebbero molto meno la scossa sismica e minor ruina ne verrebbe.

Le roccie arcaiche, scosse dal terremoto, sembrano volersi sbarazzare dalla incomoda sopra-

struttura terziaria, addossata loro, e trasmettono la scossa in modo da sgangherare la compagine e perfino il piano o superficie di posa.

Plinio ha detto che non si risentono i terremoti là dove si hanno grotte o cantine. Probabilmente ha preso l'effetto per la causa e cioè gli uomini, fino dalla più remota antichità, hanno capito che non era prudente fare delle grotte sotto alle case, o delle cantine, là dove si risentono frequentemente le scosse sismiche. Se fosse come egli ha detto, i vuoti nella crosta terrestre sarebbero una specie di riparo contro la propagazione della scossa. In un certo senso può esser vero, ma non abbiamo possibilità di fare esperienze in scala abbastanza grande per essere paragonata al fenomeno naturale (1).

Terremoti di sprofondamento sarebbero quelli causati da formazioni di vuoti interni, formatisi, per esempio, per la dissoluzione di materie saline accumulate nel sottosuolo profondo.

Uno sprofondamento può dare una scossa, può darne parecchie, ma non può causare, per mesi e mesi una attività sismica, e ogni volta che si accentua un terremoto.

Se causa dello sprofondamento fosse la sottrazione dei sali che le acque termali portano alla

---

(1) Un terremoto recente, nell'isola Formosa ha fatto franare tutte le miniere di antimonio che vi scavavano i giapponesi. I vuoti, colà, non hanno affatto impedito le scosse e furono i primi a soffrirne.

superficie della Terra, vi è da osservare due cose:

1.° Lo sprofondamento sarebbe graduale e senza scosse.

2.° Successo il movimento sismico, le acque si disperderebbero.

Ogni altro fenomeno di slittamento o di dislocazione, porterebbe a queste conseguenze:

a) che la durata sarebbe piccola, per il terremoto, e non avrebbe il carattere di risveglio di una attività endogena che si riacutizza ad intervalli di tempo irregolari;

b) che dopo avvenuto il terremoto, e colmato il vuoto, per un lungo tempo non si avrebbero più scosse, mentre queste, dopo un forte terremoto, durano più o meno intense per anni.

Prendiamo invece le località più tipiche. Vediamo che la regione è sottoposta di tanto in tanto ai terremoti, che dislocazioni o franamenti possono avvenire sui fianchi di montagne o, attraverso ad esse, anche delle fenditure; ma la base della regione rimane a posto dopo la scossa, e quasi mai si trovano cambiamenti di livello delle parti che furono scosse. Ben inteso, ripetiamo, parlando dell'insieme della regione scossa, non dei piccoli fenomeni locali.

Nel terribile terremoto del 28 dicembre 1908, a Messina sono avvenute dislocazioni della banchina del Porto, dei selciati delle strade e cose

simili, ma non è cambiato il livello generale preesistente, delle spiaggie sulle due rive dello stretto; tanto vero che gli scali dei *ferry boats* non hanno richiesto che lievi riparazioni, nelle murature.

Gli scandagli dello stretto hanno fatto riconoscere che la forma del fondo è identica a quella che era prima del terremoto (1).

Bisogna dunque distinguere bene dal piccolo effetto di dislocamento di qualche muratura, opera dell'uomo, o anche di qualche masso di roccie, che già precedentemente trovavasi in posizione di equilibrio poco stabile, dalle grandi linee della regione scossa.

§ II. — Caratteristiche dei terremoti.

Vediamo quali sono.

Anzitutto, sarà una espressione volgare forse, basata a quanto può sembrare, sopra un pregiudizio, ma è certo che molte persone, nelle re-

---

(1) La relazione ufficiale della Commissione speciale nominata dopo il disastro, attesta che variazioni non sono avvenute, nel fondo dello stretto. Le curve di livello del fondo coincidono nel loro andamento, in quelle che si avevano prima, e questo è l'interessante.

È inutile andare a cercare, sopra migliaia di punti scandagliati, cinquanta o sessanta punti nei quali la profondità trovata adesso non corrisponde a quella segnata prima.

Bisogna notare che lo stretto è percorso da correnti di marea violentissime, gli scandagli non sono facili, ed una piccola deviazione dello scandaglio, dalla verticale, per caso non avvertita, può dare differenze di metri. Lo Smith, che primo scandagliò lo stretto, fece degli errori di *centinaia di metri* nella profondità di certi punti.

gioni frequentemente percosse da terremoti, in giornate di speciale afa e calma dell'atmosfera, vi dicono: *questo è un tempo da terremoti!*

Chi scrive qui, ha vissuto lungamente in Sicilia ed in Calabria, e specialmente sulle rive dello stretto di Messina; ha tenuto conto delle circostanze in cui ha udito questa frase, e dell'avverarsi del terremoto, in certo modo predetto; e ne ha ricavato una pratica per cui più di una volta, è stato profeta, diciamo, disgraziatamente. Ma non è da credere che questa speciale immobilità dell'atmosfera, la depressione barometrica che vi corrisponde, si debbono riscontrare esattamente nel luogo dove avviene il movimento sismico; questo avviene, a distanza di luogo e generalmente a distanza di tempo, cioè un giorno o due dopo.

Prima e durante un periodo di forte sismicità, le condizioni meteorologiche sono stravaganti. E' noto che un forte terremoto è seguito, per due o tre anni da scosse sismiche continue, quà e là, nei primi tempi localizzate piuttosto là dove fu risentito il primo forte terremoto, ma poi risentito anche in paesi lontani, lontanissimi, anche su tutto il globo. Così fu pel gran terremoto di Lisbona, per quello di Calabria del 1783, per quello, massimo nella storia per gli effetti micidiali e disastrosi, del 28 dicembre 1908, a Messina e Reggio.

Tutto il 1908 fu contradistinto da condizioni climatiche stravaganti; l'estate fu fredda, piovosa, tanto che i bagni di mare furono deserti, l'autunno procelloso, il freddo invernale precoce. Ma stravagantissimo fu il 1909; alcune persone intervistarono un esimio meteorologo, e questo rispose che tutto dipendeva da depressioni barometriche speciali ed eccezionali!

Lo scrivente si permise di pubblicare un articolo su un giornale, domandando la causa delle depressioni! Va bene, diceva egli, che la prima gallina è nata dall'uovo, ma allora diteci chi ha fatto il primo uovo!

E in quell'articolo (V. *La Nazione*, Firenze, 21-22 luglio 1909) lo scrivente tentava di dare una spiegazione a quella depressione, vagante ma insistente, che da più di 50 anni non si presentava in Europa, e questa spiegazione sarà meglio sviluppata più avanti.

Intanto, si tenga conto del fatto che vi ha perturbazione atmosferica prolungata, prima e dopo un grande terremoto, e che questo è sempre seguito da una serie di manifestazioni sismiche, su tutto il globo, e per lunga durata.

Nel 1909 si ebbero terremoti in tutta Italia, se ne ebbero in Algeria (Costantina fu assai danneggiata), in Giappone, in Portogallo, in America. Perfino città di pianura, come Padova e Ferrara, risentirono violentissime scosse. Siena e dintorni

(regione eminentemente soggetta), lo stretto di Messina, la Liguria occidentale, furono continuamente molestati dal terremoto, e lo sono ancora adesso (principio del 1912).

Il terremoto dal 1908 fu dunque un risveglio di forze sopite, o l'inizio di nuovo periodo di energia endogena; è quanto vedremo.

Intanto teniamo conto di due segni precursori:

1° le stravaganze meteoriche, molto anteriori, o per lo meno che si accentuano molto tempo prima, anche molti mesi prima di un grande terremoto;

2° la speciale calma atmosferica, afosa e deprimente, con depressione barometrica inesplicabile, perchè non accompagnata nè da venti, nè da pioggie.

Abbiamo poi l'inquietudine degli animali. Bovini, cani e gatti, specialmente, presentono il terremoto, e diventano sempre più inquieti più si avvicina. L'uomo, se fosse allo stato selvaggio forse lo risentirebbe; distratto dalle abitudini della civiltà, non se ne accorge, certamente nessuno risente l'approssimarsi del fenomeno.

Immediatamente avanti, come prima manifestazione, subito seguita dalla scossa, è il rumore caratteristico. E' un rombo speciale, qualcosa che ha del muggito e del boato, ma che non manca mai, specialmente in un forte terremoto.

Sarebbe un *barisal-gun*, un *mist-pfoeffer*, un

brontide forte, e non è quindi fuori luogo l'ascrivere ad un fenomeno sismico quei rumori così chiamati.

Dopo viene la scossa che è sussultoria, o ondulatoria; mai vorticosa. E se il terremoto è forte, dopo la prima fortissima, un' altra, e poi continuamente altre, lo stesso giorno, nei giorni seguenti e ad intervalli, per mesi.

Come spiegare queste con sprofondamenti, coll'effetto dell' erosione delle acque circolanti nel sottosuolo, che erodono i calcari, ecc., ecc., o i depositi salini? Si avrebbero poche scosse seguite, si creerebbero dei dislivelli, e invece le scosse seguitano per anni, e dislivelli non si creano!

Generalmente, le scosse cominciano in un punto, si propagano lungo una linea, e successivamente scuotono i paesi situati dalle due parti di quell'allineamento. Poi retrocedono, e vanno a tormentare altri paesi nell'altro prolungamento della linea, indi su e giù per questa, per i primi giorni. Poi, ad intervalli.

Se quell'allineamento è intersecato da un altro, lungo il quale in altri tempi, i paesi risentirono forti terremoti, allorchè le scosse arrivano al crocicchio, si propagano anche su quell' allineamento.

Guardiamo per un momento, solo per dare un esempio, il terremoto del 28 dicembre 1908. Messina e Reggio, i primi a risentirne; è lo

storico punto di partenza; poi subito la scossa si propaga al Nord, e va a Santa Eufemia di Aspromonte e poco più in là, danneggiando quanto trova sul passaggio, ma poi attenuandosi, come se la forza impellente fosse esausta; però ritorna indietro e scuote Alì.

Le scosse seguitano intorno allo stretto, ma l'indomani vanno al Sud e scuotono Caltagirone e qualche paese intorno all'Etna, mandando una diramazione a Melito di Portosalvo. Indi si riportano al Nord, e vanno fino al golfo di Gioia, incrudelendo a Palmi, e mandando delle avvisaglie attraverso l'Apennino calabrese fino sull'Jonio, a Gerace, a Gioiosa Jonica e a Roccella.

Paesi di Calabria non lontanissimi (Amantea - Lago - Paola, ecc.) duramente provati alcuni anni prima, nulla hanno risentito da quel terremoto tanto più veemente di quello che li aveva allora colpiti. Nel resto della provincia di Messina, all'infuori di poche scosse a Castroreale, cioè più ad Ovest, nessun disturbo sismico.

Vediamo con quello che è stato detto in altro capitolo, e con quello che aggiungeremo qui, di concretare le idee.

Abbiamo veduto, parlando delle fratture geologiche, che esse possono ritenersi le vie lungo le quali le acque superficiali passano per scendere a profondità tali dove la loro pressione fa equilibrio a quella del vapor d'acqua ad altissima tensione.

Abbiamo detto dell'azione ossidante che queste acque esercitano, decomponendosi, sopra i corpi elementari che si individuano dalla massa interna di materia unica. Abbiamo finalmente spiegato come per questa ossidazione, o per altre reazioni chimiche che si producono fra quei corpi elementari, si ha sviluppo di calore e quindi locali centri di calore interno, che possono o no corrispondere a vulcani, che sono la causa del gradiente di temperatura della crosta terrestre, gradiente, non regolare (come teoricamente si vuole, e pel quale si è giunto persino a inventare delle ingegnose e complicate formule) ma irregolarissimo, secondo la località, ossia secondo la prossimità o no di tali focolai interni speciali.

Furono descritte le faglie, le loro origini, il resultato di esse, sotto forma della creazione di ambulacri interni, per lo spostamento di una delle masse fratturate rispetto all'altra, e fu detto che ve ne sono di due tipi che chiamammo, convenzionalmente, *radiale* e *tangenziale*.

Le fratture del primo tipo sono le più pericolose come linee sismiche.

Molti, anche fra quelli che ammettono il fuoco interno, come Armand Gautier (1) riconoscono che le acque superficiali penetrano nell'interno lungo le fratture geologiche. Esse si decompon-

(1) V. loc. cit.

gono in parte, e in parte si trasformano in vapori a temperature e quindi a tensione altissima.

La decomposizione, o il riscaldamento, possono non avvenire verticalmente sotto al punto dove l'acqua è penetrata; come i vulcani che il Gautier considera come espressione del fuoco centrale, e che emettono tanto vapor d'acqua, possono esser sulla fenditura, ma non verticalmente sopra al punto dove l'acqua è penetrata o si è decomposta o evaporata, ma sopra al suo focolaio interno più lontano.

I gas e vapori ad alta tensione corrono lungo le fratture, alla loro base, lungo gli ambulacri sopradetti, fino a trovare i punti deboli dove, colla loro espansione provocano dei movimenti.

Questi ambulacri non sono profondissimi, e certo non lo sono i punti da dove l'azione dei gas interni si fa risentire al di fuori, ossia quelli che furono chiamati ipocentri dei terremoti.

§ III. — **Profondità della provenienza.**

Abbiamo detto, in altro capitolo, parlando della crosta terrestre, che poco a poco, le nuove idee ed i nuovi studi hanno condotto ad assegnare alla crosta uno spessore assai tenue, specialmente in certi punti, ed a riconoscere che sotto alla crosta esiste un nucleo solido, ed elastico.

La velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali, è data dalla formula

$$V = \sqrt{\frac{E}{d}}$$

dove E è il *modulo di elasticità* della roccia attraversata dall' onda, e d la densità della stessa, ossia della Terra, se si prende a considerare la propagazione dell'onda attraverso il globo.

Le onde longitudinali impiegano *minuti* 17 ± 1 ad attraversare il globo lungo un diametro, secondo il Prof. Alfano (1). Altri dicono che la velocità di propagazione è di 15 chilometri al 1'', ed alcuni arrivano a velocità molto maggiori.

Qualunque sia il resultato che si prende in considerazione, il modulo di elasticità

$$E = V^2 d$$

che ne vien fuori è tale che conferma l' assoluta rigidità del nucleo, ed esclude assolutamente che esso possa esser fluido (liquido o gassoso), o in parte pastoso.

Quanto alla profondità dell' ipocentro nei terremoti, hanno dato formule e fatto studi speciali il Seebach, il Dutton, lo Schmidt, il Prof. Rizzo, il Rudzky, il Kövesligethy, il Milne, il Mallet.

(1) Prof. G. B. Alfano. *Sismologia moderna.* Manuali Hoepli, 1910.

Il Prof. Oddone, che studia con tanto amore tutti i fenomeni sismici, e vi si applica con tanta scienza, ha pubblicato, dopo il terremoto del 1908 una nota in proposito (1). Egli ci dice che, il Mallet, pel terremoto di Basilicata del 1857 trovò per l'ipocentro una profondità di miglia inglesi 5 $^{3}/_{4}$, ossia circa 9200 metri.

A seconda però che si prende a calcolo la velocità di propagazione radiale o quella di velocità minima, corrispondente alla calotta sferica determinata dalla profondità, i resultati vengono differenti. Così col metodo Schmidt, il Prof. Rizzo trovò una profondità dell'ipocentro, pel terremoto calabrese del 1905, assai forte, qualche centinaio di chilometri, e col calcolo sulla velocità minima, ebbe un'altezza, per la calotta di 30 chilometri.

Ma colla tabella stessa del Rizzo, il Rudsky calcolò invece una profondità di 7000 metri.

Col metodo del Kövesligethy, il Prof. Oddone ha trovato una profondità di circa 9 chilometri, cifra che si troverebbe anche se si applicassero al calcolo i dati che si hanno dai terremoti del 1783 e del 1894.

Si confermerebbe quindi la poca profondità dell'ipocentro dei terremoti calabro-siculi, che lo scrivente ebbe ad enunciare basandosi sul valore

---

(1) Prof. EMILIO ODDONE. *Profondità dell'ipocentro del terremoto Calabro-Siculo del 28 dicembre 1908* (calcolo provvisorio). Roma, Tipografia dei Lincei, 1909.

della gravità in quelle regioni, valutandola approssimativamente in 10 chilometri, in una conferenza tenuta sulle « Fratture geologiche » della regione, nel febbraio 1909.

Col metodo Dutton, applicato alle linee isosismiche più regolari, si troverebbe circa 50 chilometri, ed è la profondità che il Dutton ha trovato per altri terremoti. A questa profondità, come dice l'Alfano, è discutibile se possano avvenire movimenti sismici (*orogenetici* egli dice) che possano interessare la superficie della Terra. E l'Omori, modificando il metodo Dutton, avrebbe trovato per un terremoto giapponese del 1891, che la profondità dell'ipocentro era a 15600 m., e quella del terremoto di Casamicciola, a 500 (cosa questa ammissibile, perchè Casamicciola è sulle falde di un vulcano che, per quanto estinto da lungo tempo può essere ancora in comunicazione col focolaio interno, come lo provano le sorgenti termali che sgorgano colà).

Dunque, con grande concordanza, tutti i resultati dei moderni studi concorrono a dirci che la crosta terrestre non è molta spessa, anzi, in alcuni punti è sottilissima, e che il nucleo centrale è solidissimo e molto rigido ed elastico.

I gas ad alta tensione corrono da un capo all'altro dell'anfratto creato dalla frattura geologica, e scuotono le due labbra di questa. Ne esce una parte, nella devaricazione delle stesse labbra?

Si dovrebbe rispondere di sì, perchè è un fatto che la intensità delle scosse, dopo le prime fortissime, diminuisce, in generale, e talvolta cessa; ma nessun fenomeno è là per dircelo. Dopo il terremoto del 1908, e in generale dopo tutti i terremoti, si è parlato di bagliori speciali, di ribollimento delle acque del mare, e molte altre prove della sortita di gas, combustibili o accesi, fra l'altro; ma in fatto è mancata la dovuta attendibilità a queste informazioni. La cosa non è impossibile, diciamo noi, starebbe molto opportunamente a sostegno delle nostre idee, ma non è seriamente dimostrata, ed è quindi un argomento di cui non vogliamo valerci.

Lo sforzo esercitato, forse anche nella distruzione di qualche barriera che ostruiva e interrompeva l'anfratto seguito dai gas, può spiegarne la diminuita potenza.

Essi, diluendosi sopra una maggior lunghezza di ambulacro, si espandono e la tensione diminuisce; trovando la fine di esso, rimbalzano e percorrono la frattura in senso inverso; se incontrano una diramazione, o possono aprirsi il passaggio in questa, mandano una testimonianza della loro forza lungo quella.

Dopo giorni, dopo dei mesi, per degli anni, quando la tensione torna a crescere, altri sforzi si manifestano, e nuove scosse si producono. Occorre che passino degli anni perchè quella massa

di gas accumulati e portati a grande tensione, si esaurisca, o in quantità o in forza, e ritorni una calma, apparente, e non lunga certo.

Perchè le località percosse da forti terremoti lo sono sempre, lo furono e sempre lo saranno.

§ IV. — Possibilità di prevedere e di prevenire i terremoti.

Questo accumulo di gas, ed il loro portarsi a grande tensione, come domanda lungo tempo ad esaurirsi, ha richiesto un tempo, se non altrettanto, certo abbastanza lungo a prodursi. Vediamo di spiegarne l'evoluzione.

Le acque esterne penetrano attraverso alla crosta, abbiamo detto, si scompongono, dando dell'ossigeno che ossida i corpi semplici allo stato nascente, e provoca così del calore.

Queste quantità di calore si sommano (perchè le quantità di calore di origine chimica si sovrappongono) ed abbiamo così dei focolai interni che possono evaporare liquidi e portare dei gas ad alta tensione.

Fra questi gas abbiamo del vapor d'acqua; abbiamo certo dei vapori che portano anche in soluzione metalli di tutti i generi, dal che ebbero origine tutti i depositi di solfuri ed ossidi metallici.

I solfuri erano in soluzione in un eccesso di acido solfidrico, e infatti dove si è deposto il più solubile di tutti, il cinabro, cessata la deposizione di questo, sono rimaste le emanazioni solfidriche, che abbiamo *dovunque* si hanno depositi cinabriferi.

Gli ossidi vennero piuttosto con emanazioni geyseriane, come pare sia stato per l'oligisto, certo per i minerali di titanio e di tungsteno, per la cassiterite e sempre per la silice, quando le acque geyseriane ne contengono.

Secondo Gautier (1) tutte le acque termali hanno origine vulcanica, perchè egli ammette il nucleo interno fuso, e le lave, emananti da quello, cui si innestano i vulcani.

Noi ammettiamo che esse hanno origine dove si ha un focolaio interno. Come vedremo poi, consideriamo come esatta la espressione volgare, che i *vulcani sono valvole di sicurezza* per l'attività endogena. Se l'Etna, invece di ridestarsi nel 1911, avesse fatto una buona eruzione nel 1908, Messina e Reggio sarebbero ancora in piedi e fiorenti, e molti paesi minori sarebbero stati risparmiati dalla rovina di quel terribile terremoto !

Ma tornando ai gas interni, vediamo cosa succede dell'idrogeno che stava a formare quella

(1) Armand Gautier. *La genèse des eaux thermales et ses rapports avec le vulcanisme — Annales des mines.* 3me Livraison de 1906.

parte di acqua che fu decomposta, insieme con quell'ossigeno che fu preso per ossidare metalli e metalloidi allo stato nascente.

Piccola parte di quell'idrogeno va a formare l'acido solfidrico delle acque ed emanazioni solfidriche, ma la grande massa dove va?

Il Gautier ci dice che si ha una esalazione indipendente e continua, di idrogeno, che viene dal nucleo centrale, uno sviluppo continuo alla superficie della Terra, oltre che delle bocche dei vulcani; aggiunge, poi, che l'idrogeno esce dalle fessure della crosta terrestre, e lo si ritrova raccogliendo e analizzando l'aria alla superficie delle pianure, delle montagne e del mare.

Quale maggiore concordanza di idee fra Gautier e noi, che pur differiamo tanto profondamente circa la presenza del nucleo fuso, la caduta di chilometri cubici di granito, dall'interno della crosta sul nucleo, sull'innesto dei vulcani su questo, ecc., ecc.?

L'idrogeno non si trova nelle alte regioni dell'atmosfera, dice Gautier. Non si può trovare perchè, per la teoria cinetica dei gas, dice il Johnston Stoney, nè idrogeno, nè elio possono rimanere sulla Terra allo stato libero (Vedi *Appendice*).

Certo non si può trovare, diciamo noi, perchè più leggiero dell'aria sale, e diradandosi come essa, sale sempre finchè là dove non risente più

l'azione della gravità neanche l'aria, l'atmosfera cessa di esser tale, e l'idrogeno, ridotto ad uno stato di estrema diluizione si diffonde nello spazio.

Ma nel sollevarsi, l'idrogeno forma una corrente ascensionale e diminuisce momentaneamente la densità dell'aria; se è in piccola quantità, ciò sarà impercettibile, ma se è in grande quantità, dobbiamo avere una depressione barometrica sensibile.

Ora, quando ferve la attività endogena, quando si preparano terremoti (o anche eruzioni vulcaniche) e quando dominano questi per un certo tempo, per i ragionamenti fatti, si deve produrre l'idrogeno in grande quantità. Esso esce dalle fessure terrestri, non forse verticalmente sopra al luogo ove si genera e dove avviene o avverrà il terremoto, ma corre prima lungo l'ambulacro della frattura, ed esce quando può e dove può.

E dove esce, abbiamo depressione barometrica, controdistinta da *succiamento* dal basso all'alto, la calma afosa speciale, *il tempo da terremoti*, e in altri punti, disturbi meteorologici, per le correnti d'aria che si spostano a correggere la depressione locale.

Questo è quanto abbiamo espresso in un articolo di giornale nel 1909, e questo è quello che ci ha condotto ad essere per ben tre volte profeti di disgrazia (combinazione o coincidenza, dirà taluno) prevedendo terremoti che sono infatti avvenuti.

Più un terremoto sarà forte, più palesi dovrebbero essere questi prodromi, che ne manifestano i preparativi.

E' vero che, come abbiamo detto, non sempre e non tutto l'idrogeno corrispondente al lavorìo endogeno si evolve nelle vicinanze del luogo che sarà percosso dal terremoto, ma pure raccogliendo sistematicamente e analizzando l'aria che esce dal terreno, *specialmente lungo le fratture geologiche* che ci indicheranno i geologi (i *veri* geologi) potremo costituire delle tabelle sulla proporzione di idrogeno contenuto che ci permetteranno di fare delle previsioni, per lo meno tanto attendibili per la *meteorologia endogena*, quanto quelle per la meteorologia atmosferica.

Siamo di fronte a forze della natura, che finora hanno sempre vinto, e davanti alle quali fummo senza difesa, specialmente perchè non abbiamo saputo ben conoscerle, nè valutarle. Niente si deve trascurare per conoscerle e prevederne gli effetti. Ci pare che le osservazioni precedenti ed il consiglio di preparare quelle tabelle statistiche, non sieno da trascurare.

Data la poca profondità della sede di sviluppo o di azione, dei gas interni, abbiamo detto, in altra sede, che non troveremmo fuor di luogo fare delle terebrazioni di 10 chilometri di profondità per dare sfogo artificialmente ai gas ad alta tensione, che danno origine ai terremoti.

L' idea sembra paradossale o per lo meno fantastica; eppure anche la costruzione di un battello a vapore di 250 metri di lunghezza, detto Great Eastern, fu soggetto di fiabe e romanzi, ed ora transatlantici e « dreadnoughts » raggiungono quelle dimensioni.

Si sono pur fatte trivellazioni in Toscana per captare e utilizzare dei soffioni di acido borico, che non avrebbero potuto venir da sè a giorno. Nel Medio Evo sarebbe stata idea diabolica; al principio del nostro secolo si sarebbe creduta opera impossibile e pericolosa tanto da renderla assurda; ma in seguito fu attuata.

Quella che emettiamo è più grandiosa; ma se l' esecuzione dovesse costare grosse somme e grande lavoro intellettivo, oh! la salvezza della regione Calabro-Sicula, per ora e per sempre, ne varrebbe la spesa.

Come abbiamo detto nel 1909, l'uomo che ha conquistato l' acqua, coi suoi navigli, l' aria coi suoi dirigibili e cogli areoplani, avrebbe padroneggiato quella che crede dominare da secoli, e che è la più ribelle, cioè la *Terra!*

Dalle osservazioni di Alexis Perrey, e dagli studi resi noti dalla British Association, pare che sia stato verificato che le scosse di terremoto avvengono più facilmente nelle sizigie che nelle quadrature. Ciò sarebbe anche spiegabile perchè alle sizigie l' effetto dell' attrazione lunare sta a.

quello che si estrinseca nelle quadrature, come 7 a 3.

Grablowitz invece dimostrerebbe, con resultati di osservazioni e con calcoli, che i massimi, nei fenomeni sismici, si hanno, prossimamente, nel mezzo fra una quadratura ed una sizigia, ed egualmente fra la posizione della luna al perigeo e quella all'apogeo.

Gli osservatori citati invece dicono che i fenomeni sismici di maggior forza si hanno quando la luna è al perigeo. La differenza fra la minima e la massima distanza dalla Luna alla Terra, è di 50.000 chilometri circa. L'effetto di attrazione essendo inversamente proporzionale al cubo delle distanze, la marea quando la luna è al perigeo deve stare a quella per l'apogeo, come 1.487 sta a 1, cioè la prima rappresenta un aumento del 49 % sulla seconda.

Non è forse tanto che i gas interni risentano dell'attrazione lunare, e per questo la loro azione si manifesti; piuttosto che la crosta, sollevata da una più forte attrazione (al perigeo o alla sizigia) ha lasciato più spazio ai gas interni di espandersi e poi, deprimendosi per una quadratura o per essere la luna all'apogeo, i gas stessi, che sono già ad alta tensione, non possono a menò di far sentire la loro azione dinamica.

Il ritardo che abbiamo veduto esistere fra il culminare del fenomeno di marea e il passaggio

al meridiano del corpo celeste che lo provoca, può spiegare la differenza di interpretazione data al collegamento che uno ha coll'altro fenomeno, cioè il mareografico con quello sismico.

L'attrazione lunare e solare, sulla crosta terrestre, possono dunque influire sulla manifestazione del moto sismico, nel senso di provocarla in un dato momento, più che in un altro, ma non ha niente a che fare colle cause efficienti o di luogo. Prima bisogna avere l'accumulo dei gas, ad alta tensione, in quel dato luogo, e poi potrà intervenire il fenomeno di marea, unicamente a facilitare l'estrinsecazione della forza endogena, in una parte della giornata piuttosto che in un'altra.

Volendo prevedere e prevenire un terremoto, dovremmo prima aver la misura della tensione dei gas interni, e poi prendere le precauzioni locali al momento opportuno, di passaggio della luna al meridiano, di sizigia, ecc., ecc.

Meglio sempre sarebbe, poter impedire la riunione dei gas ad alta tensione, ossia con uno sfiatatoio rendere impossibile la produzione di, questa.

§ V. — **Fratture geologiche e terremoti Maremoti.**

Una montagna isolata che si erge da una pianura, marca un luogo dove, generalmente, si

estrinsecano terremoti che tormentano la pianura nelle vicinanze del monte. La spiegazione è facile: il monte sorge bruscamente dalla pianura, perchè al suo piede corre una frattura, che fu la causa del suo sollevamento.

Lo stesso, e tanto meglio si avvera per una catena di montagne che abbia un fianco scosceso ed uno dolce; al piede del fianco più ripido corre certamente una frattura geologica, lungo la quale si estrinsecano dei moti sismici.

Continenti che hanno da una parte un versante lungo e dolce, e dall' altra uno corto e ripido, sono certamente accompagnati da una frattura geologica, come ce lo indica in modo tipico la costa dell'America, lungo il Pacifico.

Le grandi fosse oceaniche, lungo le isole Tonga e lungo il Giappone ed altre, sono marcate da fratture e le isole adiacenti sono tormentate da terremoti.

I vulcani sorgono sopra linee di frattura, ed è naturale perchè è lungo queste che si hanno i focolai interni, dove si elabora e si riscalda la materia prima, per formare materiali eruttivi che non hanno niente a che fare, nella loro costituzione fisica, chimica, petrografica, colle roccie che si ammette formino la crosta terrestre.

Dislocamenti, vulcani, sorgenti termali, ripidi fianchi di montagne, allineati sopra una frattura geologica, non sono fenomeni che un geologo di

idee confuse, di *poca mentalità* (come fu detto da qualcuno) accozza insieme, trovando nelle fratture geologiche il « *Deus ex machina* » per spiegare i fenomeni che esso non comprende.

Sono proprio i fenomeni che individuano una frattura importante, ed oramai lo sostengono a legioni gli scienziati, e non più isolatamente qualcuno. Attualmente.... *le parti sono invertite!!*

I vulcani si creano lungo le grandi fratture, spesso si producono dove più fratture importanti si incrociano (1). Mentre lungo la cordigliera delle Ande, nell'America del Sud, abbiamo dei grandissimi vulcani, i nostri vulcani italiani sono rilegati da linee nettissime di frattura, e così l'Etna con Pantelleria, con una linea lungo cui sorse l'isola Ferdinandea, o col Vesuvio attraverso le Lipari; Ustica colle Lipari, e via dicendo per il Vulture, i vulcani Laziali, ecc., ecc.

Anzi noi consideriamo cosi favorevole l'incrocio di due o più fratture geologiche, alla formazione di un vulcano, che più volte ebbimo a dire che non ci sorprenderebbe se, all'incontro della frattura Ustica - Lipari - Gioia Tauro - Gioiosa Jonica, coll'altra famosa Linosa - Etna - Stretto di Messina - Catanzaro, ossia fra Palmi e Gioia Tauro, all'incirca, si manifestasse un vulcano.

---

(1) Montessus de Ballore dice che: *la sismicità è localizzata sugli allineamenti terrestri — le fratture — ed è maggiore dove essi si intersecano.*

Sul fondo degli oceani sorgono e sorsero vulcani, e delle isole del Pacifico, buona parte sono semplici vulcani o gruppi di vulcani, quali estinti e quali ancora attivissimi.

Così, il fondo degli oceani deve essere spesso tormentato da moti sismici. Quanti *maremoti* passano inosservati, e forse sono attribuiti a burrasche lontane o accidentali. Un oceano come il Pacifico può essere turbato per parecchie ore da un maremoto, ossia da un terremoto del fondo.

Quanti terremoti lontani migliaia di chilometri, e di grande intensità, non hanno marcato i moderni apparecchi sismografici, dei quali non si è mai saputo nulla, cioè nè dove sono avvenuti, nè i danni che hanno prodotto. Certamente quei terremoti hanno avuto per teatro il fondo dell' Oceano, come lo ha riconosciuto il Milne nei suoi studi sopra i « terremoti lontani ».

In un braccio di mare ristretto, il maremoto crea un'onda corta e violenta; succede come all'acqua contenuta in un bicchiere al quale si desse un forte urto, o si scuotesse.

Così è successo nello stretto di Messina per tutti i forti terremoti, e l'onda è doppiamente disastrosa, perchè parte dalla costa messinese, invade quella calabrese, dalla quale è respinta e torna come un flagello, di poco attenuata, sulla costa sicula.

In un grande oceano, aperto e vastissimo, l'urto

che viene dal fondo pare sia poco risentito dall'acqua, alla superficie. Se l'urto proviene da un lato, pare che la scossa si propaghi come una grande onda, se è vero, come abbiamo riferito in altra parte, che il terremoto del Rio Bamba abbia prodotto un'onda che, traversando il Pacifico si è gettata sulla costa orientale del Giappone, con un'altezza di 9 metri, tutto distruggendo (1).

Nel movimento sismico prodotto dal terremoto, secondo Suess (Amblicht der Erde) « si ha l'effetto come se grandi estensioni del suolo cadessero nei vuoti sottostanti, sprofondandosi in una lava che cede sotto la pressione ».

Secondo Hobbs, che segue la teoria dei *blocchi saltellanti* (tilting), ossia dei pezzi di incastro dell'*ouvrage de marqueterie* del Lapparent, che si muovono, sollecitati dal basso all'alto, dovremmo avere un pezzo di area terrestre che si muove tutto, trascinando nel suo movimento tutti gli altri che confinano con lui, lungo linee di frattura, o no.

Invece, prendiamo un solo esempio per tutti; osserviamo la regione Calabro-Sicula. Ad ovest della grande frattura Lampedusa - Etna - Stretto di Messina - Catanzaro, abbiamo un triangolo

(1) Il terremoto del 15 giugno 1896 risentito al Giappone produsse una tale onda disastrosa di maremoto, che circa 30.000 persone perivano affogate.

compreso fra tre linee principali di frattura, coi vertici in Gioia Tauro - Isola Lipari - M.[te] Etna; in tutti i terremoti che hanno funestato lo stretto di Messina, i paesi sul versante occidentale della catena peloritana non hanno risentito nulla, e invece furono duramente provati, al pari di quelli della riva siciliana dello stretto, i paesi calabresi, ad est della frattura, fino all'Aspromonte, e non al di là della catena dell'Aspromonte, o solo in parte, e successivamente, se sopra altre fratture accessorie.

Dunque è proprio la frattura che porta il movimento, e le sue labbra che oscillano, non uno speciale blocco compreso fra tre o più fratture principali.

Ancora meno verosimile è la spiegazione dei terremoti, cogli sprofondamenti, dappoichè le scosse sarebbero limitate di numero in primo luogo, e non durerebbero per mesi ed anni. Inoltre si dovrebbero vedere le traccie dello sprofondamento, mentre, come abbiamo già detto, meno piccoli dislivelli locali, non rimangono traccie di questo fenomeno.

L'ultimo terremoto calabro-siculo, che pure fu tra i più violenti conosciuti, non ha alterato sensibilmente la topografia delle rive, nè quella del fondo dello stretto.

Bisogna porre ben mente al fatto che abbiamo messo in evidenza e che fu riscontrato per tutti

i grandi terremoti, cioè che l'attività endogena, ossia i moti sismici non si calmano che dopo due o tre anni, o anche più. Tale fatto non si avrebbe se si trattasse di uno sprofondamento, a meno che questo non continuasse, e allora si avvertirebbe e crescerebbe continuamente.

Inoltre, uno sprofondamento della crosta superficiale ammette una cavità interna, e siamo già intesi che questa non esiste fra la crosta ed il nucleo. Esistono gli ambulacri lungo le fratture, ma per quello dello Stretto per esempio, dopo che da secoli avvengono colà terremoti, spesso violentissimi, se ogni volta si avesse avuto uno sprofondamento, l'ambulacro sarebbe chiuso non solo, ma il mare ricoprirebbe la cresta del Peloro!

L' azione è sussultoria-ondulatoria, dalle due parti della frattura, viene dal sotto in su, e tende ad aprire la frattura, facendone oscillare le pareti e le labbra, si propaga da due parti, ma agisce lungo la linea di rottura, talchè invece di un *epicentro* si ha un *epiasse*, e invece di un *ipocentro* fisso, come hanno constatato i sismografi, si trova che l'*ipocentro si sposta avanti e indietro*, e questo coincide esattamente con quanto abbiamo detto poco più indietro, che avviene, e che deve accadere, per la corsa che fanno i gas sommoventi, avanti e indietro, lungo l'ambulacro della frattura.

Speriamo che tutti riescano a trovare la cosa semplice, chiara, spiegabilissima come la troviamo noi. Quando si sarà d'accordo, si potranno escogitare fra tutti, i modi di prevedere i terremoti, ed il modo di premunirsi contro di essi, senza correre il rischio di fare dei lavori inutili, e perfettamente al rovescio di quello che si richiederebbe (1).

§ VI. — **Fratture geologiche e vulcani.**

Il Suess stesso ha voluto distinguere terremoti dipendenti da fratture orizzontali, ed altri dovuti a fratture verticali. Egli dice che i primi si manifestano come i secondi, lungo delle linee, ma che le linee sono attraverso le catene montuose, anzichè parallele ad esse. Fra gli esempi cita i terremoti delle Alpi ; ma noi osserviamo che le Alpi non sono una catena venuta in una sola volta, e quindi non in relazione con una grande linea di frattura, come per esempio, la catena delle Ande cilene. E' una catena composta di terreni e roccie di epoche diversissime, e co-

(1) Per la ricostruzione delle città e paesi calabro-siculi, distrutti dal terremoto del 1908, si seguiranno i consigli di una Commissione composta di scienziati che negano la esistenza delle fratture geologiche! Ora è facile immaginare che le nuove costruzioni fatte secondo tali precetti, potranno benissimo trovarsi nelle migliori condizioni per essere atterrate da un futuro terremoto, colla perdita di milioni e, quel che è peggio di vite umane!

stituita in più volte, dietro l'azione di differenti movimenti della crosta, lungo varie fratture geologiche di diverso periodo; infatti essa non è rettilinea, al contrario, è contorta più ancora che arcuata. Una parte è recentissima, tanto è vero che vi si trova l'eocene pizzicato entro alle pieghe di terreni secondari, e anche più antichi, completamente ripiegati e rovesciati.

Sono queste le catene in relazione colle fratture che noi abbiamo chiamato di tipo tangenziale, e che corrispondono a quelle che il Suess chiama orizzontali.

Caratteristica certa delle catene di montagne, dovute a faglie di tipo tangenziale, è la mancanza di vulcani.

Non tutte le fratture di tipo radiale (o verticale secondo Suess) sono contrassegnate da vulcani, ma se questi esistono, sono sopra una di quelle.

Ne abbiamo più o meno spiegato la ragione. Lungo le fratture di tipo radiale più facilmente penetra l'acqua degli oceani, anzi *vi scorre*, e quindi è lungo esse che si devono generare più facilmente i focolai interni. A parte poi della maggior facilità con cui i materiali manipolati dai focolai stessi, possono farsi strada per uscire, da una frattura radiale, che da una tangenziale.

Lungo le fratture di tipo tangenziale, più facilmente dovremmo avere intrusioni di tipo lac-

colitico, o in generale di tipo intrusivo, come quello dicerte diabasi, di certi *trapp*, e simili.

Descrivere vulcani e fenomeni vulcanici, sarebbe qui ozioso, molto si può dire su questo argomento, poco che non sia stato detto.

La vulcanologia ha una letteratura abbondantissima ; ha raccolte di roccie e prodotti vulcanici, a sussidio di descrizioni scientifiche, e infiniti dati di osservazione. Ma pur troppo è una scienza di constatazioni, non è ancora in grado di dare i mezzi di prevedere le eruzioni, molto meno è, e crediamo non lo sarà mai, in grado di prevenire o reprimere una manifestazione vulcanica.

Prevedere un terremoto abbiamo veduto che potrebbe forse essere possibile; siccome un aumento di attività endogena può provocare un terremoto lungo una frattura conosciuta, e invece preparare una eruzione in un vulcano, in un certo senso questa si può prevedere. Ma non si potrà prevedere il punto dove si aprirà la bocca o la spaccatura ignivoma, nè la violenza della eruzione, nè il genere e la quantità dei prodotti che emetterà.

I vulcani sono le montagne delle sorprese. Si ridestano quando sono già creduti morti; hanno dei parossismi, mentre da secoli si trovano nella fase della periodicità, detta fase Stromboliana, perchè Stromboli ne fu e ne è il prototipo.

Ne vediamo gruppi enormi di estinti, e quelle

sono forse le regioni dove meno si risentono adesso i terremoti.

In ogni modo, è un fatto che i terremoti di origine vulcanica cioè che accompagnano o precedono una eruzione e in generale quelli nelle regioni vulcaniche sono molto meno disastrosi e meno estesi di quelli *tettonici*, ossia che si estrinsecano in regioni non vulcaniche lungo una frattura.

Si direbbe che, se il vulcano è sempre attivo o pronto a riattivarsi, faccia davvero la funzione di valvola di sicurezza, in modo da dare sfogo ai gas interni, od alla tensione che potrebbero produrre un movimento sismico. In caso di grandi eruzioni, il terremoto, intorno alla base del vulcano ed ivi localizzato, precede l'eruzione.

Per i vulcani estinti, in certi casi, si direbbe che le lave riempiendo la frattura originaria ne hanno saldato le pareti fra loro od hanno chiuso gli ambulacri, in modo che i gas sottomoventi, o non possono farne vibrare le labbra, o non possono passare.

Se poi il focolaio interno ha completamente esulato dalla sede primitiva, e da ciò è venuta la estinzione completa di grandi gruppi vulcanici, è tanto più possibile che la regione rimanga immunizzata da futuri terremoti.

I Campi Flegrei propriamente detti, non sono poi eccessivamente disturbati, e così neanche i vulcani laziali vulsini o sabatini.

Invece paesi in regioni pianeggianti o di terreni sedimentari, non lontani da quelli, ma situati sulle linee di frattura ancora percorribili dai gas interni, sono soggetti frequentemente e ripetutamente a terremoti.

Dopo tutto quindi, terribili quanto possono essere i vulcani, nelle loro manifestazioni, e specialmente se sono sempre più o meno attivi, se si va alla resa dei conti, è preferibile stare vicini ad essi che lungo una linea di frattura conosciuta; specialmente se questa è già caratterizzata da forti terremoti antecedenti.

Meglio stare alle falde dell'Etna, che a Messina o a Palmi.

Diffidare però dei vulcani malamente estinti, ossia che pur sembrando tali hanno sempre delle manifestazioni endogene, anche a scala ridotta. I cataclismi di Santorino, del Krakatoa, della Montagne Pelée, e in piccola scala, di Vulcano nel 1888, informino!

I terremoti a sprofondamento sono principalmente quelli vulcanici. È spiegabile l'esistenza di grandi vuoti rimasti là dove per l'azione di focolai interni e gas ad alta tensione delle masse non indifferenti sono state portate a giorno, e riversate fuori, mentre volumi enormi di vapor d'acqua, idrogeno, idrogeno solforato, cloruri, ecc. le accompagnavano. (Le *macule* del Suess).

Sopra quei vuoti, successivamente, in caso di

forti scosse ammettiamo sprofondamenti sensibili all' uomo, insignificanti come fenomeno tellurico.

Lungo una grande frattura, avvennero dislocazioni enormi ai tempi e nei modi che abbiamo detto più volte, per cambiamento della posizione dei poli. Ma che terremoti attuali possano dare sprofondamenti sensibili, ci sembra dubbio; franamenti e disfacimenti di montagne costituite da formazioni poco solide o mal cementate; ma quelli sono *scoscendimenti* e non *sprofondamenti* (1), ossia permanenti cambiamenti di livello.

Per esempio, la *tierra hucca* (terra vuota) che è al sud di Carùpano, al Venezuela, e che risuona come cava, passandosi a cavallo, è esattamente sulla grande frattura che guida i disastrosi terremoti della regione. Su tutta la frattura non esistono vulcani; ma quella specie di istmo è una formazione estuarina che ha collegato la penisola di Carùpano, interrompendo la comunicazione fra il golfo Triste e il golfo di Cumanà. Se in seguito ad un terremoto si producesse qualche buca in quell'istmo, cioè nella *tierra*

---

(1) Dopo il terremoto di Messina del 1908, lungo la strada rotabile che andava al Faro, in un punto presso il Lago lungo, abbiamo osservato un taglio verticale, la strada sparita, ed al suo posto un baratro, pieno di acqua, di 7 o 8 metri di profondità. Quello è uno sprofondamento, ma è minuscolo, perchè sarà lungo 12 metri. È dunque fenomeno locale interessante sì, ma non tanto da assurgere alla importanza di *sprofondamento tellurico*.

hueca, non si potrebbe dire davvero che si trattasse di uno sprofondamento tettonico (1).

I vulcani, più che altro edificano, sorgono attraverso roccie e terreni preesistenti, e su questi versano abbondanti materiali, creando monti e gruppi di monti, talora assai cospicui.

Talora sono emersioni efimere come quelle dell'isola Ferdinandea, che venne fuori esattamente sulla linea di frattura Pantelleria-Monte Etna-Melito e Brancaleone (in Calabria); ma fu efimera come emersione dal mare, certo rappresenta un cumulo non trascurabile di materia, superiore ad uno scoscendimento di Oppido o di Scilla, dopo il terremoto del 1783.

Non è necessario che al fondo del follicolo vulcanico, che dal focolaio interno ha dato sfogo alle colate di lava e tufi, ed emissioni di ceneri e lapilli, resti un vuoto. La lava ha una densità di 2,5 al più, i tufi e ceneri e lapilli, una di molto inferiore; se essi provengono dal rimaneggiamento della materia nucleare che ha una densità di 5,7 o 5,8, rappresentano un ben piccolo volume sottratto, e che sarà stato facilmente riempito dalle materie che non sono uscite. Con un metro cubo di materia nucleare

(1) Herbert Hobbs dà una serie di esempi di sprofondamenti e spaccature create da terremoti, ma non indica bene quali sono i terremoti vulcanici e quali i tettonici, fra quelli citati. In ogni modo, ammettiamo più facilmente le spaccature, per questi, che gli sprofondamenti.

si provvede largamente a tre metri cubi di materiali eruttivi!

Vulcani, sulla Terra ne sono esistiti in tutte le epoche geologiche. Attualmente stentiamo certo a riconoscerli tanto più che sarebbe necessario trovare una bella sezione naturale, nettissima e fresca, che passasse esattamente per il follicolo di quei vulcani antichi, per poterne precisare la importanza.

Colle vicende subìte dal globo, per il ripetuto spostamento dell'asse polare, tutte le fisionomie geologiche delle varie epoche sono mascherate, tanto che si stenterebbe a trovarne le traccie. I rilievi montuosi, di cui i geologi si sforzano a trovare l'andamento, e spiegarne i rapporti fra loro, le conseguenti trasgressioni di terreni, ecc. sono la resultante di una tal serie di movimenti della superficie del globo, e di fratturazioni di questa, che ci vorrà molto tempo per ricostruirne le vicende, dato anche che ciò sia possibile.

Figurarsi poi se sarà facile o possibile rinvenire i vulcani di quelle epoche. Pure qualcuno si è potuto benissimo riconoscere (v. Cap. IV).

Tuttavia dalla presenza delle roccie eruttive, si potrebbe cominciare a dedurre la vicina probabile posizione di fratture radiali dell'epoca. E questo, che abbiamo fatto nel Capitolo che parla delle Epoche geologiche e dell'età della Terra, potrà forse essere un'altra guida per rintracciare

l'architettura geologica a quelle diverse epoche, l'andamento delle linee tettoniche (allineamenti e fratture) corrispondenti, e forse anche la posizione dei vulcani contemporanei.

Di più non diremo sul vulcanismo, perchè, riferire dati e fenomeni, fu già fatto da altri, molti, e profusamente; fare nuove ipotesi è inutile, perchè quella fondamentale nostra, appoggiata a tanti fatti e osservazioni, basta per ora, a spiegare il fatto del vulcanismo, e molti fatti di dettaglio.

§ VII. — Anomalie della gravità e del magnetismo.

La sismicità di una regione è accompagnata da una anormalità dei valori della gravità e anche da perturbazione, o meglio anormalità, anche nelle indicazioni magnetiche.

Così avrebbe osservato l'Hobbs, che ne fa poi speciale cenno per la regione Calabro-Sicula, come appunto il Riccò dice che la costa orientale di Sicilia è caratterizzata da instabilità singolare, ossia attività sismica, notevole, anomalia nel valore della gravità, e irregolarità nel magnetismo terrestre.

Mentre il Suess ci dice che dagli studi del Fischer e dell'Hann, si deduce che le acque

degli oceani devono esser sollevati di 1100 metri verso lo coste, perchè si hanno 9 oscillazioni di più del pendolo, che, a 122 metri per oscillazione corrispondono a quelle cifre, osservazioni posteriori e più complete dànno che i valori della gravità si trovano generalmente maggiori sopra l'oceano che sulle coste.

Per la teoria dell'isostasi qualcuno ha spiegato come appunto la materia più densa si sia concentrata in fondo ai mari di grande profondità, per compensare la minor densità del grande accumulo liquido sovrastante.

Il Lapparent ha tratto la deduzione che le variazioni nel valore della gravità sono in relazione diretta colla pendenza e profondità del fondo oceanico.

Le più grandi variazioni trovate fra Lisbona e Bahia, da Hecker, corrispondono ai punti di massima inclinazione del fondo dell'Atlantico, e anche alle zone di maggior sismicità di quell'oceano.

Al nord della Russia, dove si hanno maggiori fenomeni sismici, corrispondono forti dislocazioni geologiche e valori anormali della gravità.

Riccò ha trovato che la gravità il cui valore è normale sull'Etna, negli Apennini, e al nord di Napoli, aumenta sempre più, quanto più si scende verso Messina, ed in metri di accelerazione mostra degli aumenti di: 182 a Stromboli, 151 a Pizzo e a Lipari, 174 ad Augusta.

D'altro canto furono trovate anormalità nel valore dell'intensità orizzontale del magnetismo, non solamente davanti alle coste liguri occidentali, tanto soggette ai terremoti, ma specialmente quando si traversa la grande frattura dello stretto di Messina.

A Batavia e a Bombay, dove il valore della gravità è di 114 e 135 unità, rispettivamente, superiore al normale, si hanno grandi perturbazioni magnetiche specialmente in periodi di terremoti.

Se la gravità ha un maggior valore sopra gli oceani, la sopraelevazione verso i continenti non può esistere.

Si osserva però che questi maggiori valori, corrispondono alle linee di grandi pendenze del fondo, alle fosse oceaniche, alle zone, insomma di grande sismicità degli oceani.

In luoghi di grande sismicità, dove passano le grandi fratture, per le idee già tante volte espresse, noi crediamo la crosta più sottile ed il nucleo più vicino alla superficie.

L'attrazione della gravità, teoricamente è in direzione del centro della Terra, ed ha un valore dipendente dalla massa del pianeta supposta in quello concentrata. Ma se di questa massa una porzione è concentrata o accumulata in un punto, i nostri apparecchi la scoprono per la maggior velocità, ossia il maggior numero di oscillazioni del pendolo.

Se ad onta della massa concentrata in un continente e lungo un oceano, il valore della gravità si manifesta maggiore sopra al mare lontano dalle coste, vuol dire che là, sul fondo, è una concentrazione di materia più densa, o che il nucleo (che ha più del doppio di densità della crosta) viene là assai presso alla superficie, ossia del fondo marino.

Molti pensando alla densità del nucleo e non pensando alla materia unica hanno detto che esso dovrebbe esser costituito di metalli e principalmente di ferro. È una idea semplice, qualunque; ma supponiamo che fra i materiali che si individuano dalla elaborazione della materia unica sotto alle faglie, e presso ai focolai interni cui danno origine, predominasse davvero il ferro! L'ipotesi non è troppo fuor di luogo; i basalti sono assai ricchi in ferro, ed anche le lave e le ceneri vulcaniche (1).

Ciò essendo, le anormalità magnetiche, lungo quelle linee sismiche ossia lungo quelle fratture, dove il nucleo è più vicino alla superficie, sarebbero facilmente spiegate, e così si comprenderebbe la coesistenza di fratture geologiche (dislocazioni), anormalità nel valore della gravità

(1) Sulle coste tirrene da Civitavecchia a Gaeta e oltre, si trovano, in certi tratti, concentrazioni di sabbie ferrifere assai ricche, provenienti dal disfacimento di roccie vulcaniche dei vulcani Laziali e Campani, che pure, individualmente e in piccoli pezzi, non sembrano tanto ricche in ferro.

e di stravaganze magnetometriche, nelle zone speciali dove si ha alta sismicità, ossia frequenza e violenza di terremoti.

§ VIII. — **Bradisismi.**

Fra i movimenti della superficie della Terra i terremoti e le manifestazioni di vulcanismo sono certamente i più impressionanti. Ma non meno interessanti sono i movimenti lenti del suolo che colla loro continuità finiscono col produrre effetti grandiosi, ben più di quello che può fare un terremoto. Bisogna però intendersi sulla portata della parola e classificare il fenomeno.

Noi abbiamo il modo di constatare il fenomeno specialmente sulle spiaggie e sulle coste marine; ed è qui che ci fermeremo ad osservare i fenomeni che dipendono, o che possono sembrare dipendere da bradisismi, ossia da *lenti oscillazioni del suolo.*

L'osservatore deve star bene attento prima di ascrivere a bradisismo uno sprofondamento di una spiaggia, od una sua emersione perchè, pur essendo possibile che il bradisismo si esplichi con sollevamenti come anche con abbassamenti, non tutti i fenomeni del genere dipendono da movimenti del suolo.

Una spiaggia, per esempio, fu per secoli alimentata da materiali alluvionali, che i fiumi tor-

rentizi portavano abbondantemente, e che la traversia dominante (*flutto corrente* secondo alcuni) o la corrente littoranea, distendeva lungo il lido, con una direzione prevalente come si sa (1).

Supponiamo poi che il mare eserciti un'azione erosiva su quelle spiaggie perchè la linea neutra del fondo, non essendo molto lontana dalla battigia, basta una mareggiata un poco più forte, per smuovere i materiali, al di sopra della quale, come si sa, essi non potranno più risalire.

Ma questa azione erosiva non controbilancia quella alimentatrice della spiaggia, quindi questa è in aumento, cioè si protende.

Interviene un rimboschimento della montagna ovvero i torrenti ne hanno completata la distruzione per la parte erodibile, mettendo a nudo la roccia dura. Nei due casi, i corsi d'acqua cessano, o diminuiscono di molto la fornitura dei materiali, e questi diventando più tenui, restano in sospensione, vanno più al largo, e quando il mare si chiarifica, cadono in profondità più forti, per formare argille o marne. Ovvero avviene la costruzione di un porto, con un grande molo, o con molti pennelli o repellenti fatti per impedirne

(1) Vedi E. Cortese, La formazione del Porto e dello Stretto di Messina. — Terrazzi quaternari del littorale tirreno della Calabria. — Formazione del Porto di Messina e movimenti del mare nello Stretto. — Sui terrazzamenti della costa tirrena della Calabria. — Sulla forma di alcune coste della Calabria e specialmente dello Stretto di Messina.

l'interrimento, ed interrompe la traslazione naturale dei detriti che erano portati dalla traversia o dalla corrente littoranea ad alimentare la spiaggia.

In un modo o nell'altro cessa l'alimentazione della spiaggia, ma permane l'azione distruttrice delle mareggiata; questa non è più controbilanciata e anzi soverchiata da quella, il mare *si mangia* la spiaggia e questa diminuisce poco alla volta.

Questo non ha niente da fare coi bradisismi, e l'osservatore deve star bene attento, studiar bene le condizioni della costa prima di azzardare di emettere un giudizio in proposito.

Scogli, banchi, isole coralline emergono in tutti i mari caldi, in tutte le parti del mondo. Siccome le formazioni coralline sono costituite da organismi minuti, che vivono nell'acqua, e non fuori di essa, se troviamo che quegli scogli o quelle isole sono fuori dell'acqua per 3, 4 e perfino 8 metri, vuol dire che sono emersi.

Lungo certe coste vediamo le traccie dell'urto delle onde del mare, ovvero, dei litodomi che hanno roso la roccia, specialmente calcare, o di quegli altri organismi, animali e vegetali, che vivono sulla linea detta del *bagna-asciuga*, e che formano un solco caratteristico anche sulle roccie più dure costituenti coste dirupate sul mare. Tutte queste testimonianze del livello del mare, le vediamo adesso ad una certa altezza sopra questo.

Sono questi tutti prodotti da bradisismi? Rispondiamo subito di no.

Per alcuni, l'Hobbs (1) invoca addirittura l'azione dei terremoti, egli cita, fra gli altri esempi, una costa dell'Alaska che nel 1899 in una settimana, ma per la massima parte in un giorno, si è sollevata di 14 metri e più.

In ogni modo dice che tutta la costa del Pacifico, lungo le due Americhe, ha emerso, in seguito, coll'accompagnamento di terremoti.

Questi sarebbero veramente sollevamenti sismici, più che bradisismici.

Lungo una grande linea di frattura, nata dopo uno spostamento dei poli, abbiamo depressione da una parte e sollevamento dall'altra, con invasione, talvolta, del mare sopra la parte che si è depressa secondo quanto abbiamo ampiamente spiegato.

La tendenza di questo movimento a continuare, è manifesta; il movimento in sè stesso non deve esser stato istantaneo, repentino, neanche quando ebbe la sua più grande estrinsecazione. Infatti, difficilmente i poli saranno sbalzati da una posizione all'altra, in un momento.

A meno di supporre che la causa dello spostamento sia stata la perturbazione portata dal

---

(1) W. H. Hobbs. *The evolution and the outlook of seismic geology.* - *Proceedings of the American Philosophical Society.* Vol. XLVIII, n. 192, 1909.

passaggio di un corpo celeste estraneo, in vicinanza della Terra, è naturale ammettere che lo spostamento di grandi masse sulla sua superficie fu graduale, anche se relativamente rapido, e quindi il conseguente cambiamento di posizione dei poli, avvenne graduatamente, o per piccoli salti.

Corrispondentemente le parti che si sollevavano ebbero prima dei salti sensibili di emersione, diciamo, ossia di innalzamento, rispetto a quelle che restavano ferme o che si deprimevano, ma poi il movimento continua fino a che non è trovato l'equilibrio colle forze centrifughe della rotazione terrestre e quelle di assettamento tettonico.

Questo, naturalmente, lungo le fratture radiali, che sono le più interessanti e nette nella loro estrincazione. Le fratture dell'altro sistema che dicemmo tangenziale, portano ad un arricciamento della crosta, alla vera sopraffazione o sovrapposizione di una parte sull'altra, con relativi carreggiamenti, ma meno visibilmente si producono in forma continuativa, perchè anche il solo attrito, lungo la fenditura, rende il movimento più difficile di quello che non sia un sollevamento lungo un piano verticale, come si ha nelle fratture di tipo radiale.

Così dunque dove abbiamo una costa sollevata da uno di questi fenomeni, sia in un solo scaglione sia in più scaglioni, contradistinti allora da

terrazzi, quasi certamente avremo da constatare una più lenta e continua sollevazione della costa, e questo sarà, veramente, un fenomeno bradisismico.

E sarà bradisismo non vulcanico; mentre, da altro lato abbiamo dei terrazzi anche sui fianchi dei vulcani, e li vediamo su quasi tutte le isole, vulcaniche che emergono dal mare (1). Questi saranno prodotti da bradisismo vulcanico.

Un bradisismo del tipo tettonico, si ha ben chiaro in Calabria, sulla costa tirrena, dove è reso chiarissimo, per il primo periodo, in cui il sollevamento è venuto a scatti, dai terrazzi regolarissimi (2). Esso ha continuato di poi, e lo si constata col sollevamento della linea dei litodomi sulle coste di Maratea a Diamante, che sono di struttura calcare, e del bagno-asciuga da Capo Vaticano a Villa S. Giovanni.

Ma qui abbiamo un altro fatto importantissimo ed è l'immersione, ossia l'abbassamento della parte più meridionale da Villa S. Giovanni (ossia dalla punta del Pezzo) a Capo dell'Armi, e questo sensibilissimo e continuo, anche attualmente.

Corrispondentemente la costa siciliana si innalza da Catania fino a Messina (poco più al nord di questa) e si abbassa di là al Faro.

---

(1) Cortese e Sabatini. Descrizione geologica e petrografica delle Isole Eolie (v. Parte geologica).

(2) E. Cortese. Sezione geologica attraverso il Peloro, lo Stretto di Messina e l'Aspromonte e memorie sopra citate.

Questi sono veri esempi di bradisismi, aventi anche due caratteristiche speciali: l'una della *indipendenza di movimenti* delle due coste, ossia delle parti di crosta separate dalla grande frattura dello Stretto, come deve essere infatti, l'altra del movimento di altalena, diremo, rispetto ad una linea di fulcro, normale alla frattura.

Questo dà il vero carattere bradisismico al movimento. Non è più la continuazione diretta del primo movimento di emersione prodotto dallo spostamento dei poli posteriore all'epoca glaciale ultima, è un movimento a doppio senso, completamente nuovo per la regione.

Movimento consimile, benchè più grandioso, lo presenta la penisola Scandinava, la quale, notoriamente, si innalza verso il mar del Nord, e si abbassa verso il Baltico.

Terrazzi quaternari consimili a quelli della Calabria abbiamo sulla costa occidentale del Madagascar sulla costa egiziana del Mar Rosso, sulla costa settentrionale del Venezuela e in moltissimi altri luoghi, che sono, come questi disposti lungo una grande frattura geologica.

In questi fatti caratteristici possiamo riconoscere i veri bradisismi tettonici; movimenti residuali di più cospicui spostamenti avvenuti dopo l'ultimo cambiamento di posizione dell'asse polare ed in relazione alle fratture da quello originate.

Ma per poter veramente dire che si tratta di

bradisismi, bisogna osservare bene, osservare molto, studiare e capir bene la costituzione geologica e tettonica della località, ed assumere molte informazioni e testimonianze.

Sollevamenti od abbassamenti di bradisismo vulcanico ne abbiamo dovunque sono vulcani, attivi o spenti; ma sono di minor interesse nel senso che ben si comprende come là dove si hanno manifestazioni dell'attività endogena e di anormalità, e fragilità diremo, della costa terrestre, questa debba mostrare una certa instabilità.

Abbiamo l'esempio delle rovine del tempio di Giove Serapide, presso Pozzuoli, che dimostrano alternati movimenti di sollevamento e di abbassamento del suolo in quel punto, e fenomeni consimili si possono constatare in tutte le località vulcaniche e specialmente in prossimità di vulcani estinti.

Alla base dell'Etna sono visibili traccie del sollevamento subìto dalle lave e dai basalti di Acireale, Aci Trezza, Aci Castello, ecc. Ma questo forma parte forse del bradisismo accennato per lo stretto di Messina.

Vari terrazzi si hanno in tutte le isole Eolie e ad Ustica, co.ne le abbiamo descritte in altro scritto (1); se ne vedono alle Canarie, nelle piccole Antille, insomma, frequentemente nei vulcani

(1) E. Cortese e Sabatini, l. c.,

i quali possono essere emersi gradualmente come le Eolie, o bruscamente, ma sempre con salti più o meno rapidamente.

Ma un'altra serie di sollevamenti, più generale e visibile dobbiamo considerare.

Delle barre, evidentemente, ossia naturalmente create dal mare coi suoi movimenti di traversia dominante, collegano montagne emerse, che prima erano isole, col continente, o collegano due promontori sporgenti, lasciando fra essi e la costa un lago salato. Uno dei più begli esempi è quello del Monte Argentario, perchè le barre di collegamento sono due, e lasciano in mezzo un lago salato caratteristico; ma di barre semplici ne abbiamo a migliaia lungo le coste di tutti i continenti.

Delle isole madreporiche, che come si è detto avanti, sono state costituite sotto acqua, ora emergono di parecchi metri; ne abbiamo vari esempi sulle coste orientali del Madagascar (Nosi Faho ed altre), più grandiosi in America, dove basta citare le isole Lucaie (o Bahame) e soprattutto Curassao, che è tipica, numerosissimi nel Mar Rosso, ed in tutto l'Oceano Indiano, nel Pacifico, insomma in tutto il mondo.

Finalmente abbiamo l'esempio dei lunghi e talora tortuosi golfi, che si sono riempiti, e che, se sono come i fiordi scandinavi, o i *lochs* di Scozia, potrebbero dirsi riempiti dai detriti allu-

vionali portati dai torrenti, ma per l'America centrale sono veri fondi emersi, perchè le sabbie sono ancora salate, e in caso di pioggie torrenziali restano leggermente sommersi.

Queste sono prove di sollevamenti avvenuti in tutte le longitudini ed in tutte le latitudini (specialmente nelle zone tropicali e temperate). Sono incontrovertibili, perchè tutte mostrano depositi formati sotto l'acqua del mare, sia pure a poca profondità, e non certo accumulatisi come prodotti sub aerei.

Bisognerebbe ammettere che si hanno bradisismi dovunque ed in tutte le direzioni.

La nostra teoria dei movimenti lungo le fratture in dipendenza dallo spostamento dei poli, non può spiegare tutti questi sollevamenti, perchè troppo generali e indipendenti (talvolta, non sempre) dagli allineamenti formatisi dopo l'ultimo assetto del globo.

Il rigonfiamento lento e graduale del globo, per la trasformazione della materia nucleare densa, in crosta assai meno densa e quindi più voluminosa, non può essere invocato come causa generale perchè :

in primo luogo, si solleverebbero le parti emerse, ma contemporaneamente il fondo del mare e la reciproca posizione resterebbe invariata;

in secondo luogo, se spostamento ci fosse,

maggiore per una parte della crosta che per un'altra, questa differenza che causerebbe l'emersione dovrebbe sempre esser localizzata lungo le linee di frattura che separano una parte più libera di sollevarsi dall'altra.

Per questi sollevamenti distribuiti su tutto il globo (forse non per tutti) considerato il fenomeno nella sua generalità, noi troviamo la spiegazione nel consumo dell'acqua sulla Terra.

Noi consumiamo largamente la nostra acqua; ne abbiamo parlato nel capitolo VII (Acque e Maree); l'hanno consumata completamente Mercurio, la Luna, in gran parte Marte e, se non tutta, Venere.

Ne abbiamo ancora molta, ma annualmente diminuisce di quantità, poichè se ne perde in imbibizione di roccie ed in ossidazioni, con conseguenti emanazioni di idrogeno. Il livello degli oceani diminuisce e le terre emergono.

Se fosse esatta la considerazione del Suess, basata sui calcoli del Fischer e dell'Hann, che gli oceani si sollevano di 1100 metri sulle coste, formando un menisco concavo (a parte la sfericità della Terra) nel mezzo, potremmo dire che si è accentuata la differenza nel valore della gravità. Ma oltrechè abbiamo dimostrato che tale innalzamento e menisco non esistono, chè anzi il valore della gravità si trovò superiore alla normale sulla superficie dei mari, e inferiore sui

continenti, avremmo emersione soltanto nelle isole oceaniche (vi sono atolli corallini emersi intorno ad isole vulcaniche completamente pelagiche) ma non sulle coste, e invece su queste anzi, abbiamo le barre, le savane salate, i banchi corallini, tutti emersi di recente.

Sulla Luna abbiamo terrazzi e testimonianze di emersione in quei bacini che furono chiamati mari, che lo furono infatti, ed ora sono semplici infossamenti asciutti.

Per tali emersioni dunque non sono da invocare i bradisismi come causa, ma la diminuzione di quantità di acqua nei mari.

Ecco dunque quanta attenzione si deve fare alle cause dei vari sollevamenti, ossia delle emersioni di vario genere che vediamo sulla Terra.

Movimenti vulcanici possono essere lenti ed arieggiare a movimenti bradisismici; ma allora avvengono bensì lungo delle linee di grande frattura ma non hanno misura, nè continuità di senso; possono esser sollevamenti alternati con abbassamenti, come per il tempio di Serapide; possono esser bruschi e perfino catastrofici, come l'innalzamento in una notte dei Monti Rossi, come i casi del Kilauea o della Montagne Péleé.

I veri bradisismi sono lungo le grandi linee di frattura e, per lo più, al seguito di più forti movimenti, a scatto o no, e come la continuazione di essi. Possono avere effetti di solleva-

mento e anche di abbassamento, abbinati come lungo lo stretto di Messina o alla penisola Scandinava, ma bisogna stare attenti a non confondervi le distruzioni, o il ritiro delle spiaggie, che possono aver causa del tutto diverso, come dicemmo.

Le emersioni delle barre, dei banchi ed isole madreporici, delle savane salate, potrebbero esser causate da bradisismi, alcune lo saranno forse, ma in generale sono causate dalla diminuzione dell'acqua sulla Terra, ossia dall'abbassamento generale, lento ma continuo del livello del mare.

§ IX. — **Conclusione.**

Giunti alla fine di questo scritto, nel quale abbiamo cercato di esser brevi, per non esser prolissi per le troppe prove ed i troppi ragionamenti, a sostegno delle nostre idee, è bene che riassumiamo qui i postulati fondamentali sui quali è basato l'edificio delle interpretazioni che diamo ai fenomeni geo-planetologici, per la Terra, e delle applicazioni che delle stesse tentiamo di dare agli altri pianeti del sistema solare.

Di queste massime fondamentali su cui è basato il nostro lavoro, solo la prima è ancora allo stato di ipotesi o, per lo meno è basata sopra una ipotesi, non esclusivamente nostra, anzi da molti creduta, come noi vi crediamo. Tutte le altre,

ardite e nuove che sembrino, sono basate tutte, ed *unicamente* sopra dati di fatto, ed osservazioni fatte, e calcoli, di altri insigni scienziati, più che da noi; quindi il merito, se merito vi è, ad aver coordinato tanto materiale che era a disposizione di tutti, per trarne delle nuove interpretazioni delle cose naturali, è semplicemente quello di aver per primi osato di andare contro ad idee inveterate, e anche false, ma che pure molti accettavano o accettano ancora, come inoppugnabili ed incontrovertibili.

Il lavoro non viene da uno scatto irriflessivo; sono idee coltivate da anni, germogliate più di trenta anni or sono e tradotte in iscritto solo adesso che la nostra carriera di geologo esploratore, che fa della geologia a grandi basi e grandi linee e non della geologia da microscopio, volge alla fine.

Ecco dunque le massime fondamentali su cui poggia il nostro lavoro:

1.° *Il nucleo interno della Terra è formato di materia cosmica fondamentale, unica, che si trasforma gradatamente nei vari corpi, da noi chiamati, chimicamente, semplici.*

Questa è basata sopra l'ipotesi della materia unica, che molti ammettono e non ha nulla di straordinario nella sua estrinsecazione.

Seguono le altre massime, basate su fatti, osservazioni e calcoli, ben conosciuti.

2.° *La cresta terrestre è sottilissima e tutt'altro che rigida ed elastica.*

Il nucleo interno è solido completamente e molto rigido ed elastico.

3.° *I Poli di rotazione possono spostarsi sulla superficie terrestre.*

Di tali spostamenti si ebbero di quelli cospicui; alcuni avvennero forse in modo continuo, ma certo vi fu una sosta durante il periodo secondario.

4.° *Ad ogni spostamento dell'asse polare corrisponde la formazione di grandi fratture nella cresta terrestre, alcune di tipo radiale altre di tipo tangenziale.*

5.° *I fenomeni glaciali dipendono da vicinanza dei poli, e non da speciali condizioni climatiche. Si sono ripetuti in tutte le epoche geologiche e se ne conoscono le traccie in quasi tutte.*

6.° *Il calore interno è localizzato in focolai; questi, come i vulcani che ne dipendono, sono allineati lungo le fratture geologiche, specialmente di tipo radiale.*

Va esclusa assolutamente la idea di un gradiente geotermico costante.

7.° *I terremoti avvengono lungo dati allineamenti che coincidono con linee di frattura radiali, e sempre lungo quelli.*

8.° *Sulla Terra si ha sensibile consumo di acqua, e produzione costante di idrogeno, ma più forte quando si preparano e si svolgono grandi*

movimenti sismici, e sempre lungo le fratture geologiche radiali.

Forse si potranno prevedere, e forse anche prevenire i terremoti.

E con questo ultimo voto, chiudiamo il nostro scritto!

Ing. E. CORTESE.

Appendice al Capitolo VIII.

SULLA CINETICA DEI GAS. — Johnstone Stoncy considera i gas come costituiti da molecole sferiche, che si muovono con una velocità grandissima, ma che però varia fra limiti assai lati. Dalle formule che stabilisce, e loro discussione, si arriva per un dato gas e una data temperatura, a tre velocità caratteristiche:

	metri al 1''
la velocità più probabile, che per l'ossigeno a 0° è di	377
la velocità media delle molecole considerate, che è di	425
la velocità corrispondente alla energia media, detta *velocità del medio quadrato,* che è di	461

Queste velocità aumentano colla temperatura.

L'atomo dell'idrogeno pesa 1, quella dell'elio pesa 4. Le velocità corrispondenti, rispetto al-

l'ossigeno a 0°, invece di 461 sarebbero: 1844 e 1305.

Sulla Terra, la velocità all'equatore è di 464 metri al 1″, e all'equatore atmosferico, se l'atmosfera ha 200 chilometri di altezza, è di 478 (1).

Perchè la Terra lanciasse fuori un corpo situato alla sua superficie, dovrebbe avere una velocità all'equatore, di 11015 metri.

Pure l'idrogeno e l'elio, per la velocità che hanno le loro molecole e in base al loro peso, non possono restare sulla Terra, e sfuggono.

In rapporto alla massa, al diametro ed alla velocità di rotazione sfuggirebbero:

dalla Luna	dei fluidi con molecole pesanti	39,—	volte quella
da Mercurio	» » »	10,25	dell'idrog.
da Marte	» » »	9,25	»
da Giove	un gas avente la densità di	0,10	»
da Saturno	» » »	0,37	»
da Urano	» » »	0,74	»
da Nettuno	» » »	0,68	»

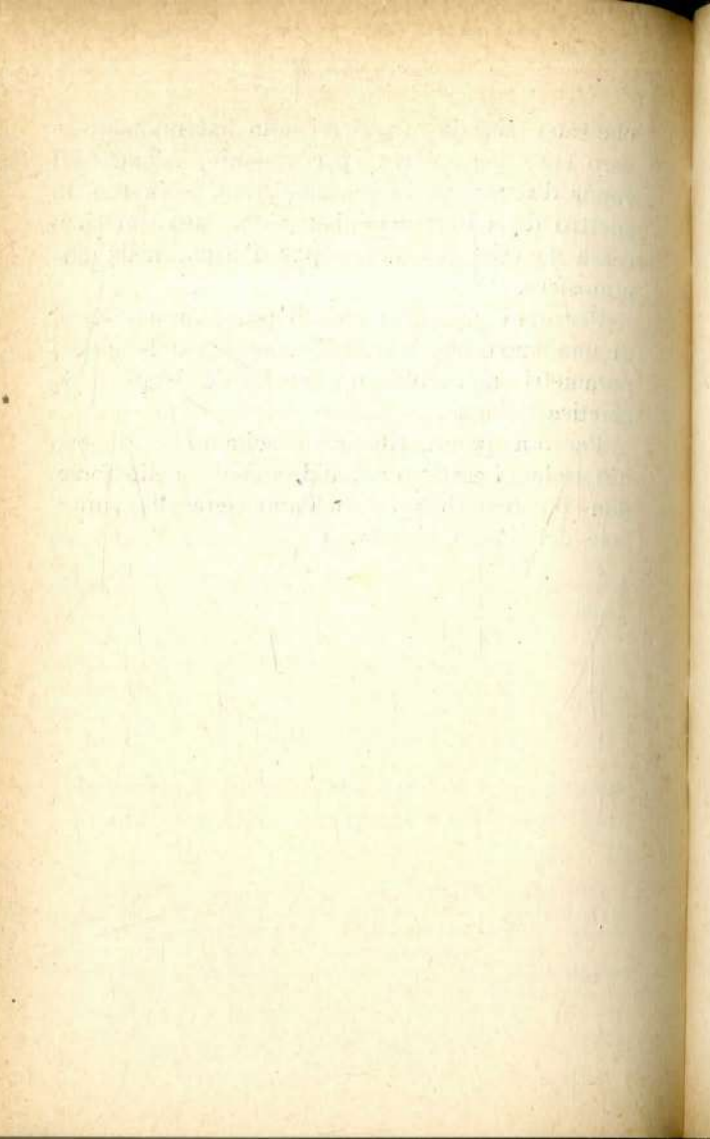
La teoria è bellissima e scientifica senza dubbio; è basata però sopra una quantità di ipotesi. Pare

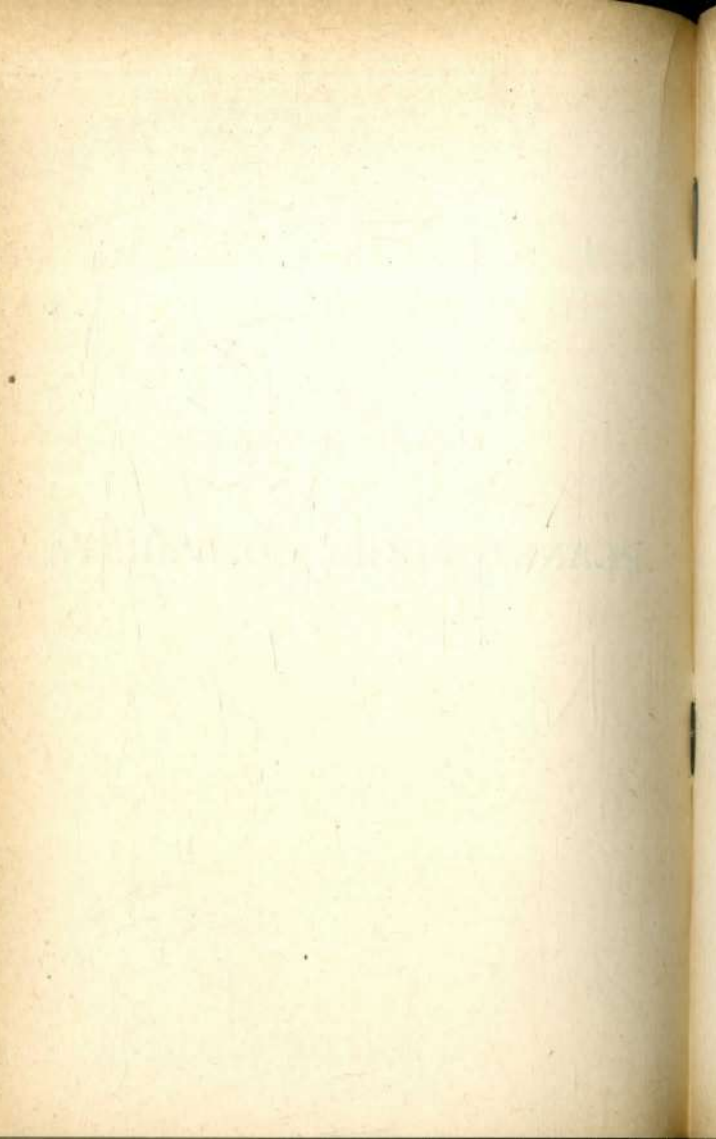
(1) Noi abbiamo cifre diverse, già date altre volte, e cioè: velocità massima all'equatore 472, media 463. Così per lanciare fuori dalla Terra un corpo che è alla sua superficie, abbiamo calcolato occorrere una velocità di poco più di 8000 metri, anzichè di 11015.

Per l'altezza dell'atmosfera, secondo resultati di osservazioni, riportati dalla *Rivista Marittima* (1906, n. 5) si avrebbero 211 chilometri con incertezza fra 8 e 16 chilometri in più o in meno.

che non sia da prendersi alla lettera, tanto è vero che, per Marte, per esempio, neanche il vapor d'acqua potrebbe sussistere, e invece lo spettro della luce del pianeta ha dato con sicurezza la esistenza del vapor d'acqua nella sua atmosfera.

Per ogni pianeta cambia il peso, diremo *locale,* di una molecola, e quindi anche cambieranno i parametri non solo, ma anche le leggi della cinetica dei gas.

Per ora quindi, riteniamo soltanto che sieno queste leggi esatte o no, l'idrogeno e l'elio forse, non possono rimanere nell'atmosfera alla superficie del nostro pianeta.

PARTE SECONDA

PLANETOLOGIA COMPARATA

CAPITOLO I.

IL MONDO SOLARE

§ I. — Generalità e ipotesi.

Non possiamo, certamente, intraprendere la descrizione e la spiegazione dell'origine dei mondi. L'argomento è troppo ponderoso perchè possa svolgerlo chi scrive queste pagine.

Si parlerà della vita dei mondi che costituiscono il sistema solare, riferendosi ai dati preliminari, alle osservazioni generali, che si possono stabilire per i principali pianeti di quel sistema.

Intanto diamo in una tabella alcuni dei parametri e delle cifre più importanti, per i componenti del sistema solare, riferiti alla Terra.

Nettuno sarebbe l'ultimo pianeta del sistema solare. Attualmente si fa strada l'idea che ve ne sia un altro, ancora più lontano.

H. Faye, ritenendo che esso sia l'ultimo, emette

	Raggio	Volume	Massa	Densità	Velocità di rotazione all'equatore in metri al 1''	Schiacciamento ai poli	Valore della gravità alla superficie
Mercurio . . .	0.4385	0.0860	0.0567	0.66 = 3.65	228 (1)	—	0.521
Venere. . . .	0.9636	0.8947	0.8550	0.956 = 5.36	452 (1)	$^1/_{260}$?	0.864
Terra	1.0000	1.0000	1.0000	1.000 = 5.60	464	$^1/_{300}$	1.000
Luna	0.2725	0.0200	0.0123	0.615 = 3.38	—	—	0.16547
Marte	0.5503	0.1670	0.1082	0.648 = 3.62	240	$^1/_{190}$-$^1/_{220}$	0.37
Giove	11.1800	1390	318	0.235 = 1.33	12337	$^1/_{15.5}$	2.581 (2)
Saturno . . .	8.840	692.89	89.39	0.129 = 0.72	10412	$^1/_{10}$	1.104
Urano	4.195	73.85	16.09	0.218 = 1.22	4311	$^1/_{11}$	0.883
Nettuno . . .	4.703	104.02	20.80	0.200 = 1.11	4598	—	0.953
Sole	105.421	121.6040	312.500	0.250 = 1.39	—	—	—

(1) È riconosciuto che tale velocità attualmente è nulla; le cifre riferite sono quelle che si ritenevano esatte prima delle ultime scoperte.

(2) Su Giove, su Saturno e forse sul Sole, se l'acqua potesse esistere andrebbe al centro dell'astro, perchè più pesante della materia che lo costituisce, la quale vi galleggerebbe.

l'ipotesi che in origine, la materia cosmica che ha generato il sistema solare, costituisse una sfera di un raggio decuplo dell'attuale distanza di Nettuno, cioè eguale a 64500 raggi solari (1).

Quella materia cosmica, aveva una densità che, essendo inversamente proporzionale al cubo del diametro, era di

428 000 000 000 000

di volte più piccola di quella del sole, che è soltanto di 1,39 (presa per 1 la densità dell'acqua).

La enorme sfera era dotata di un movimento di rotazione intorno ad un asse, si è schiacciata ai poli, riducendosi ad un solido di rivoluzione appiattito, e perdendo successivamente degli anelli che si sono concentrati nei vari pianeti (ognuno coi loro satelliti).

In tal modo $^{1}/_{700}$ della massa fu abbandonata nello spazio e $^{699}/_{700}$ si sono concentrati nel Sole.

Il fatto che i pianeti del sistema solare percorrono delle orbite i cui piani fanno fra loro degli angoli piccolissimi (2) starebbe a conferma della forma schiacciata cui si era ridotta l'enorme sfera di materia cosmica tenuissima. La sua ro-

---

(1) H. Faye. *L'origine du Monde* (Gauthier Villars, Paris, 1907).

(2) Mercurio solo si distacca dagli altri. Il piano della sua orbita fa un angolo di 7° 0′ 8″ col piano dell'ecclittica terrestre. Per gli altri pianeti questo angolo è molto più piccolo.

tazione intorno ad un asse, dimostra che il sistema solare partecipava, come partecipa, ad una gravitazione universale ed è probabilmente alle dipendenze di un astro maggiore.

Che una parte di questa materia cosmica iniziale, ancora più diluita, sia rimasta distribuita uniformemente nello spazio, non pare possibile.

Laplace emise l'idea che la Terra incontri nello spazio una resistenza, prodotta da questa materia tenuissima, per cui in 3000 anni avrebbe subìto un ritardo di 90″ nel suo movimento di rivoluzione.

Ma per offrire una tale resistenza la materia suddetta dovrebbe esser disseminata in ragione di 1 chilogrammo per 10 bilioni di metri cubi, mentre che Hirn ha valutato che basterebbe 1 chilogrammo di materia cosmica, distribuito in *10 quadrilioni di metri cubi,* per strappare alla Terra la sua atmosfera, data la velocità con cui essa percorre l'ecclittica.

Se le code delle comete fossero di materia cosmica, essendo questa apparentemente molto più densa di quella calcolata da Hirn, sarebbe davvero disastroso per la Terra passare per entro esse, e la previsione di Flammarion pel 19 maggio 1910 sarebbe stata ragionevole. Infatti, si dava alle code delle comete una tenuità inferiore ai 5 chilogrammi per miriametro cubo, ma questa sarebbe ancora una densità enorme rispetto a

quella che dovrebbe avere per non strapparci la nostra atmosfera.

Questa materia cosmica iniziale è quella che noi vediamo adesso, o crediamo vedere, giudicando anche dalle meteoriti che cadono sulla Terra. Era una materia unica, il cui atomo è molto più piccolo di quello del primo dei corpi semplici da noi conosciuti? Ed è questa materia unica i cui atomi aggruppandosi in varii modi e, certamente, secondo date leggi e proporzioni, hanno costituito quelli che noi, per non averne potuto risolvere l'atomo, chiamiamo *corpi semplici?*

Noi seguiamo questa idea, e in ciò, quindi, la teoria di scienziati sommi, ma non ci accingeremo certamente a discuterla qui.

Le meteoriti ci portano i testimoni di mondi e frammenti di mondi, vaganti nello spazio, ma sono già i detriti di materia che, come quella della crosta terrestre, ha subìto tutte le possibili evoluzioni, e quindi tanto lontana dalla materia iniziale, come lo sono le roccie della crosta terrestre.

In esse troviamo: ferro, nichelio, cobalto, rame, stagno, cromo, idrogeno, ossigeno, silicio, solfo, carbonio, fosforo, alluminio, magnesio, calcio, sodio, potassio, manganese, titanio, piombo, litio, stronzio, ecc.

Lo spettro delle comete dà indicazioni di gas

contenenti carbonio ed idrocarburi, e dagli spettri della luce di stelle e pianeti si è dedotta la esistenza di corpi a noi sconosciuti. Così fu veduto l'Elio prima che il Palmieri lo scoprisse nei prodotti del Vesuvio, e in Urano si scopre un elemento a noi ignoto.

Eppure in qualche parte deve ancora trovarsi intatta la materia iniziale; come pure, se non in tutti i corpi celesti, per lo meno fra quelli del sistema solare, essa avrà subìto le stesse evoluzioni.

La differenza di densità dei vari pianeti, e del sole, ci sta ad indicare qualcosa in questo senso.

E le differenze di densità sono irregolari; non vi è una legge di aumento o di decrescenza, venendo dal pianeta più lontano al più vicino al Sole o viceversa. E mentre i più lontani, formati da anelli abbandonati prima, secondo la teoria, dovrebbero essere i più vecchi e quindi i più condensati e i più freddi, li troviamo costituiti da materia leggiera e ancora, a quanto pare, allo stato di fusione o di incandescenza.

Nessuno di quei grossi pianeti si avvicina alla enorme densità della Terra, e specialmente del suo nucleo. In quali diversi elementi si è individuata la materia unica, iniziale, in Nettuno, Urano, Saturno, Giove e nel Sole, per aver ancora in essi uno stato di incandescenza, mentre

gli altri pianeti (compreso quello che si è frantumato fra Marte e Giove, formando gli asteroidi) sono, almeno all'esterno, solidi e freddi, e formati di materia molto più pesante?

Sulla incandescenza del Sole, e sullo stato di fusione attraverso cui sono passati o passano i pianeti, ha una idea molto curiosa lo Schwarz (1).

Secondo lui, il Sole era già una sfera fredda e solida, accanto a cui passarono degli astri di dimensioni immensamente maggiori, che lo hanno letteralmente fracassato, formandone due spirali di materia meteorica solida. Questa, poco alla volta si riuniva in nuclei, che hanno costituito i pianeti. Il nucleo solare rimasto, passò allo stato di vapore, in seguito appunto allo stritolamento subìto, ovvero passò allo stato stesso in seguito al calore generato dal bombardamento di meteoriti cui fu sottoposto.

In ogni modo, il Sole è così divenuto una palla liquida, incandescente.

E lo stesso avvenne dei pianeti; così la Terra, la cui massa era allora $^1/_{100}$ forse di quella attuale, poco a poco attrasse le masse meteoriche di una certa regione dello spazio, ed il bombardamento subìto fu tale, che anche essa passò allo stato liquido. Quello che è successo alla Terra, si è verificato per gli altri pianeti; la Luna poi

(1) E. H. L. Schwarz. *Causal geology*, Blackie and son L^{d}. 50 Old Bailey London, 1910.

ha avuto dei veri mari di lava fusa, sulla sua superficie, dei quali mari si vedono ancora gli effetti delle *mareggiate* sulle coste!

Non si può negare che questa teoria non sia, diremo così, molto ardita!

È, si può dire, l'immaginosa esagerazione dell'idea, emessa da molti fisici illustri, che l'origine del calore dei corpi celesti sia il riunirsi, o meglio, il precipitarsi intorno ad un centro, delle particelle di materia cosmica costituenti una nebulosa.

Maxwell, ad esempio, ha calcolato che per supplire alla perdita di calore che il Sole subisce, per irradiazione, basterebbe che il suo diametro si restringesse di metri 39,15 all'anno. Occorrerebbero 18263 anni perchè noi vedessimo il suo diametro diminuire di 1″.

Certamente, bisogna fare una distinzione fra la sostanza cosmica allo stato di nebulosa, e quella allo stato di vapore, perchè se noi supponiamo che i corpi celesti, allo stato iniziale, fossero costituiti da vapori si verrebbe a delle conclusioni paradossali, quale quella che, più si raffredda, una massa di vapori formante un corpo celeste, e più questo si riscalda!

Infatti se un globo di vapori raffreddandosi si riduce di diametro, la forza di attrazione al centro di esso cresce inversamente al quadrato del diametro, e la superficie diminuisce in ragione di-

retta dello stesso quadrato. Se dunque il raggio è ridotto a metà del primitivo, la pressione per unità di superficie diventa 16 volte maggiore, mentre la densità del globo stesso diventa 8 volte più grande dell'iniziale.

Se prima la forza elastica e quella di gravità si facevano equilibrio, ora, per ottenere questo, bisogna che la prima raddoppi, ossia che aumenti il calore!

Per non incorrere in tale contraddizione, basta considerare le nebulose come aggregati di materia non allo stato di vapore; la diminuzione di diametro, ossia di volume avviene per richiamo della materia verso il centro, ed è questo movimento che genera calore.

Il Fowler (1) dice che le nebulose non possono aver costituito le stelle (e tanto meno i pianeti) perchè in esse si dovrebbero trovare tutti i corpi semplici di cui sono costituite le stelle. Invece le nebulose hanno degli spettri semplicissimi, di linee brillanti, fra le quali si sono potuti identificare solo le linee dell'idrogeno e dell'elio.

Una spiegazione di questa anomalia egli la troverebbe nel fatto che le nebulose sono in uno stato così primitivo da contenere poco più che *i germi* da cui gli elementi chimici si sono susse-

(1) *The chemical unity of Cosmos. Scientia*, 1, 1, 1912. Bologna, Zanichelli.

guentemente devolti per polimerizzazione, durante il periodo di concentrazione in stelle.

Questo concorderebbe con quanto abbiamo detto sopra, circa alla unità della materia cosmica ed alla esiguità dei suoi atomi.

A contrapposto assoluto di questa teoria abbiamo quella della esistenza di corpi celesti vaganti nello spazio, che rimangono poi catturati da altri più grossi accanto a cui passano, nei loro viaggi. Le stelle di cui si vede lo sdoppiamento, sarebbero l'effetto della cattura di una, da un'altra più grande fissa, preesistente. Tutti i pianeti sarebbero corpi celesti catturati da soli, ed i satelliti altri, catturati da pianeti. E gli urti sarebbero continui, per cui le ammaccature sarebbero frequenti, come quelle che hanno lasciato sulla Luna quelle stimmate, che noi crediamo crateri di vulcani, e antichi fondi di mare (1).

Anche Schwarz cita il cratere di Coon Butte, nell'Arizona, che fu riconosciuto non contenere nessun materiale vulcanico, mentre invece, nelle vicinanze, il terreno è cosparso di ferro meteorico. Secondo lui, questa fossa crateriforme è un'ammaccatura prodotta dall'urto di un grosso corpo meteorico (2).

Secondo See, anche le comete sono destinate ad essere catturate da qualche astro; certo molte

(1) T. J. I. See. *The new science of Cosmogony.*
(2) Probabilmente è una grande dolina.

dal Sole e cita alcune per le quali si è già riconosciuto che il passaggio è avvenuto alquanto in anticipo sul tempo calcolato, e che quindi hanno una accelerazione di movimento che accenna ad un avvicinamento al Sole.

Queste idee nuove ci incutono, da un lato, un certo timore, perchè ci direbbero che vi è, più che la possibilità, la probabilità, di incontrare, colla nostra Terra, uno di questi corpi, il quale se di grandi dimensioni, nell'urto formidabile che avverrebbe, potrebbe danneggiare ben gravemente il nostro pianeta, specialmente nella parte colpita. D'altro canto, ci lasciano la speranza che la Terra possa catturare uno di questi corpi erra-bondi, e costituirsi un altro satellite, il che, per essa che ne ha avuto finora uno solo, sarebbe un accrescimento di dignità fra i pianeti confratelli!

A parte queste considerazioni, è certo che non ci sentiamo di poter condividere le idee nuove sulla Cosmogonia, se esse si basano su questa ipotesi della cattura dei pianeti e satelliti, da parte di astri maggiori.

Il See rigetta completamente la teoria di Laplace sulla origine del sistema solare da una nebulosa che si è andata condensando, coll'abbandono di anelli che hanno formato i varii pianeti. Si basa sopra calcoli fatti dal Babinet nel 1861.

Questi considerava che: se si immagina il Sole in forma di nebulosa, esteso fino al più lontano pianeta, ed i pianeti a lor volta, estesi al più lontano loro satellite, e si comparano i tempi di rotazione con quelli di rivoluzione, per il principio della eguaglianza delle aree, si trova una grande discrepanza fra i resultati delle osservazioni e la teoria di Laplace.

Così per esempio: quando il sole si estendeva fino al di là di Nettuno la nebulosa ruotava in 2 888 000 anni; ma Nettuno fa una rivoluzione ogni 165 anni, quindi la forza centrifuga che doveva causare il distacco di Nettuno (ossia dell'anello che lo ha formato) sarebbe $^1/_{306\,356\,009}$ di quella che era necessaria per operare tale distacco e lasciare a Nettuno la sua velocità angolare.

Per il distacco della Terra, analogamente, si troverebbe che la nebulosa solare avente ancora un diametro tale da comprendere la Terra, doveva compiere una rotazione in 3942 anni, mentre la Terra fa una rivoluzione in un anno, quindi la rotazione intorno al Sole è troppo lenta, perchè la Terra potesse staccarsene. Infatti la forza centrifuga essendo inversalmente proporzionale ai quadrati dei tempi di rivoluzione, ne sarebbe occorsa una 10 183 064 volte maggiore di quella esistente, per operare il distacco.

Tutto ciò, a provare che i pianeti non sono

anelli staccati dalla nebulosa solare, ma corpi catturati dal Sole in viaggio (1). E se diametri, distanze, velocità, fossero state completamente diversi da quelli che ora osserviamo?

§ II. — Trasformazione ed evoluzione dei pianeti.

Secondo Laplace i pianeti sono provenuti dall'adunarsi di materia cosmica, che dallo stato di nebulosa è passata ad esser fusa. Alcuni sono ancora in questo stato primitivo. Di Nettuno si dice perfino che non si sa precisamente in che stato si trovi.

Arthenius dice che un pianeta non può avere atmosfera fino a che non ha una crosta. Questo verrebbe a dover escludere la presenza di una atmosfera per Giove, Saturno, Urano e Nettuno. Secondo lui, l'ossigeno e l'azoto sono stati emanati dalla crosta, e così si è formata un'atmosfera.

Data la poca densità dei grossi pianeti e del Sole, si direbbe che la materia cosmica si individua dapprima, soltanto in gas leggerissimi (idrogeno, elio) restando essa molto diffusa e quasi emulsionata dal loro sviluppo e sarà solo quando avrà finito di individuarsi in quelli che si costi-

(1) E ammettendo i satelliti catturati dai pianeti, così spiegherebbe, la nuova teoria, i satelliti di Giove e Saturno, rotanti in senso retrogrado.

però in nucleo duro e pesante per generare metalloidi più pesanti e metalli (1).

In ogni modo l'atmosfera apparirebbe quando il pianeta ha già una certa età, e sparirebbe quando esso è morto, come attività vegetativa, ossia quando è vecchio. Sarebbe paragonabile a certe facoltà dell'uomo, che questi non ha quando nasce o quando è fanciullo, e che perde quando è vecchio!

Nei corpi costituenti il sistema solare, vario è lo stato in cui si trova ridotta la materia cosmica. A parte la piccola proporzione di acqua che ancora esiste alla superficie di qualcuno, Mercurio, Venere, la Terra, Marte, e il seguente pianeta ridotto a centinaia di asteroidi, sono solidi. E diciamo solidi per fissare le idee, senza ancora entrare nella discussione sulla esistenza di nuclei più o meno fluidi.

Giove, Saturno, Urano, e certo anche Nettuno, secondo Percival Lowell (2) sono delle palle di vapori in ebullizione, al color rosso, con parti

---

(1) La Terra, ad esempio, avrebbe emanato idrogeno e ossigeno, costituendosi la sua provvista d'acqua. Adesso non forma più di quei gas, salvo che a spese della sua acqua stessa, che va consumando, tornando a perdere però anche della sua densità media per la trasformazione lenta del nucleo, in sfoglie di crosta. Altri pianeti, come Venere, hanno conservato una densità media, paragonabile a quella della Terra. Marte, Mercurio, Luna, o non hanno mai avuto così forte densità, o sono ricadute ad una che è al disotto di 4, compresa fra 3 e 4 cioè.

(2) Percival Lowell. *The Evolution of Worlds.* Mac Millan Company, New York, 1910.

che per raffreddamento hanno color rosso scuro.

Mercurio e Venere hanno il loro asse di rotazione normale al piano dell'orbita (come lo ha la Luna rispetto al piano dell'orbita che descrive intorno alla Terra). La Terra percorre la sua orbita in un piano che fa un angolo di 23°. 28′ circa con quello del suo equatore, e per Marte questo angolo è di 24°.

Per Giove, tale angolo discende a 3°, per Saturno risale a 27°. Per Urano, è di 98°, talchè il pianeta, invece di avere un movimento come quello della Terra e di altri pianeti, di trottola, non fa quasi che *rotolare* sulla sua orbita.

Ma Nettuno si trova in condizioni ancora più speciali, e questo angolo sale a 145°, per cui esso si muove intorno al suo asse, in senso inverso di tutti gli altri pianeti, cioè nel senso delle lancette dell'orologio.

Queste particolarità non sono accidentali, e si spiegano col fenomeno dell'attrazione reciproca che esercitano, uno sull'altro, i corpi celesti, e che si estrinseca specialmente sulle parti fluide di essi.

Quantunque il nome di *marea* sia comunemente inteso unicamente applicabile al movimento che il mare subisce per le attrazioni del Sole e della Luna, cosmogonicamente parlando esso viene esteso anche al fenomeno che si avverava e si avvera per quei pianeti che sono ancora tutti o in parte fluidi.

In generale, abbiamo che due masse esercitano sempre un'attrazione reciproca, la quale è differenziale. La massa più grande attira la minore, ma inoltre, le parti superficiali sono attirate più fortemente di quelle centrali. Si genera così una protuberanza, all' esterno della massa più piccola.

Così, per causa dell'attrazione solare, i pianeti prendono forma di un uovo, tanto più accentuata quanta maggior proporzione di fluido vi è sul pianeta. Ma per la viscosità del fluido e per la rotazione di cui è animato il pianeta, ne viene che il diametro maggiore, ossia la protuberanza, raggiunge il suo massimo più in avanti della linea che unisce i centri delle due masse, ossia del Sole e del pianeta.

La protuberanza è così sollecitata da una forza che è opposta, come direzione, al movimento di rotazione del pianeta, ed agisce letteralmente come un freno.

Le maree, tanto dei mari, come della sostanza fluida, costituente i pianeti maggiori, attualmente, o i minori, in origine, e anche quelle che certamente si generano anche nel nucleo fuso, ossia questo rallentamento, causano due fenomeni distinti e concomitanti.

In primo luogo il piano di rotazione si sposta, e, poco alla volta, l'asse di rotazione del pianeta si dispone normalmente al piano della sua orbita,

ossia con questo viene a coincidere quello equatoriale del pianeta (1).

L'effetto avviene più rapidamente di quello del secondo fenomeno, e le conseguenze sono che il pianeta non ha la differenza di stagioni che si osservano nei pianeti come la Terra e Marte.

Giove, che non ha ancora avuto una vita organica sulla sua superficie, ridotto già ad una minima inclinazione del suo piano equatoriale sul piano dell'orbita, se avrà degli animali che ne popoleranno in avvenire la superficie, questi troveranno, per ogni latitudine del globo, una stagione speciale, costante.

Così non avverrà di Saturno che potrebbe ancora seguire le sorti dei pianeti minori, mentre Urano deve ancora cambiare notevolmente (di 98°) l'inclinazione del suo asse polare, e Nettuno deve ancora passare per un periodo durante il quale ruoterà nello stesso senso dei suoi precedenti confratelli, prima di perdere, a suo tempo le stagioni.

Il secondo effetto, che si produce, è l'allungamento del giorno. La rotazione si rallenta tanto che, poco a poco la sua durata aumenta fino a diventare eguale al suo anno, ossia alla durata della rivoluzione.

(1) Come abbiamo veduto nella Parte I, Cap. I, la Terra, se è vero che la inclinazione del piano equatoriale su quello dell'orbita diminuisce di 48″ al secolo, fra 2059 secoli sarebbe alla fine della sua evoluzione, ed avrebbe consumata tutta la sua acqua.

Il pianeta volge sempre la stessa faccia all'astro maggiore, ed è ridotto ad avere un emisfero continuamente inondato di luce, e l'altro perpetuamente oscuro.

È quello che succede per la Luna ed ai satelliti dei pianeti maggiori.

Ma è quello che succede anche a Mercurio ed a Venere. A parte i fusi che sono alternativamente illuminati dal Sole, se l'orbita è ellittica, e quindi se l'eccentricità di essa è forte (come si ha per Mercurio) astrattamente parlando, quei due pianeti hanno una faccia infuocata ed una gelida, e per un osservatore che si portasse, specialmente su Venere, il Sole si presenterebbe come un blocco infuocato immobile.

Questa è realmente la *morte* di un mondo, dice il Lowell; e infatti, quando un pianeta ha perso le sue stagioni, e l'alternanza del giorno e della notte, quando ha perduto probabilmente tutta l'acqua, ossia tutta la parte liquida corrispondente a quello che è l'acqua sulla Terra, cosa rimane? La vita è impossibile, l'interno è immobilizzato e non dà più manifestazioni. Come si vede su Mercurio e su Venere, il globo si screpola, e chi sa che al passaggio di un astro vagante nelle sue vicinanze, non sia frantumato, e portato via a pezzi, come una vecchia macchina che ha cessato di funzionare.

Frantumarsi da sè, non dovrebbe, per la legge

di gravitazione; ci pare assurda l'idea di alcuni, che le fratture della crosta terrestre, poco alla volta si protraggano fino al centro, e allora la Terra, ridotta a un mucchio di blocchi slegati, li debba perdere via via, lungo la sua orbita, come è successo a quel pianeta posto fra Marte e Giove, che sarebbe ora rappresentato dai suoi numerosi frammenti, gli asteroidi.

Anche ridotta a un ammasso di blocchi, separati da screpolature, ci pare che la Terra debba rimanere unita, fino a che non intervenga l'azione esterna di altro corpo celeste.

Potrebbe sgranarsi, se la forza centrifuga all'equatore fosse eguale, o maggiore a quella centripeta di gravità, ma per questo occorrerebbe, data la sua velocità di rotazione, che essa avesse un diametro di 3 688 000 chilometri; ovvero che la sua velocità angolare fosse 17 volte maggiore!

Questo stato di estinzione (come la chiama il Lowell) dei pianeti, ha dunque per caratteristica il fatto che il pianeta o satellite volge sempre la stessa faccia al Sole o al suo pianeta.

Girando intorno a questo fa anche *una rotazione* intorno al proprio asse, per cui, realmente, tutti i pianeti ne farebbero una di più, ogni anno siderale, di quelle che si contano come giorni siderali. Così la Terra ne farebbe $366\ ^1/_4$ e una $365\ ^1/_4$, e precisamente: $365\ ^1/_4$ per conto proprio e una perchè in un anno fa il giro completo

dell' orbita, finito il quale si ritrova disposta esattamente (*quasi esattamente*) rispetto al Sole, come lo era l'anno avanti.

Se noi leghiamo una sfera, con un'asta rigida, imperniata in un punto, e giriamo di 360° l'asta intorno al pernio, la sfera fa una rotazione, ma non per virtù propria, bensì per virtù del legame che ha col punto fisso del pernio.

Fra il Sole e Mercurio, per esempio, non vi è asta rigida di collegamento, ma l'effetto è il medesimo, come fra un grave che cade sulla Terra; senza bisogno di una guida, si sa che esso segue la linea che lo unisce al centro della Terra, come se fosse tirato da un filo, e questo non esiste.

In tali condizioni, a noi pare che più corretto sarebbe dire che le rotazioni sono ridotte a zero, e non ad una, perchè quell'*una* è la conseguenza della rivoluzione, tanto vero che non sviluppa forza centrifuga radiale del pianeta, ma forza centrifuga radiale secondo la linea che unisce i centri di gravità del Sole e del pianeta.

La grande armonia della gravitazione universale è finita pel pianeta. Il moto rotatorio di tutti quelli che sono globi celesti, il satellite intorno al suo asse e intorno al pianeta, questo intorno al suo asse e intorno al Sole; il Sole intorno all'asse del mondo solare, che è il suo, e intorno alla stella della costellazione d'Ercole ecc., forma un seducente quadro giratorio, che pare

spiegare l'equilibrio dei corpi celesti nello spazio, e la ragione della regolarità con cui [illegible] seguono le loro relative orbite.

Per i satelliti dei pianeti, per Mercurio e Venere, il primo dei movimenti è finito. Non vi è il collegamento rigido fra il corpo celeste più piccolo e quello che lo comanda direttamente, ma è come se vi fosse assolutamente. Non solo avvengono nello stesso tempo rivoluzione e rotazione, ma questa non è neanche più da ricordare, perchè il corpo celeste compie il movimento che fa (e che non è più duplice, ma semplice) per la sola rivoluzione, come lo farebbe la sfera legata con un'asta rigida ad un pernio intorno a cui girasse l'asta e la sfera insieme.

Ormai si è convenuto di conservare l'idea di *una rotazione* nel tempo di *una rivoluzione*, e così accetteremo anche noi, ma in fatto, ci parrebbe più esatto dire che il pianeta ridotto a quello stato, *non ruota più*, perchè, se non avesse mai ruotato intorno al suo asse, ma solo intorno ad un perno, attraverso ad un collegamento rigido, nessuno avrebbe mai pensato a dire che compiva una rotazione intorno al proprio asse. Si sarebbe detto semplicemente che ruotava intorno al pernio, come infatti, per la sfera legata a questo con un'asta rigida, non si penserebbe mai a dire che, ruotando intorno ad esso, fa anche una rotazione intorno al proprio asse!

CAPITOLO II.

MERCURIO

Per Mercurio si davano in passato i parametri seguenti:

Raggio = 2406 chilometri, 0,3858 quello della Terra.

Superficie = 0,1489 della terrestre.

Volume = 0,0574 di quello della Terra.

Massa 0,065.

Densità 1,17, ossia effettivamente 6,44.

Per valore della gravità alla superficie De Launay dava 1,15; Guillemin (*Petite Encyclopédie Populaire*) dà 0,480, di quello terrestre.

Adesso tutto è da correggere (1). Il raggio è 2736 chilometri, la densità 0,66 di quella terrestre, ossia 3,65, la massa $^1/_{21}$ di quella della Terra. Tenuto conto del diametro, il valore della

(1) Percival Lowell. *The Evolution of Worlds*. - New York, Mac Millian Cy, 1910.

gravità sulla superficie del pianeta Mercurio dovrebbe essere poco più di $^1/_4$ (0,26) di quello che si ha sulla superficie del nostro pianeta.

Schiaparelli fu il primo a riconoscere che la rivoluzione di Mercurio intorno al Sole si compie nel medesimo tempo in cui il pianeta compie la rotazione intorno al proprio asse, e cioè in 88 giorni.

Questo resultato è confermato dal Lowell.

Fu possibile stabilire esattamente questa valutazione tenendo presenti le macchie che presenta Mercurio alla superficie e che Lowell segna più complete di quelle vedute da Schiaparelli.

Mercurio dunque presenta sempre la stessa faccia al Sole, come fa la Luna con noi. Però, in vista della grande eccentricità della sua orbita e della variazione di velocità con cui la percorre, ha una librazione accentuatissima, ed il suo emisfero che diremo posteriore, riceve, sui bordi, la luce del Sole.

Abbiamo, il fatto che l'asse polare del pianeta è normale al piano dell'orbita, cioè che il piano di rotazione e quello di rivoluzione di Mercurio, coincidono. Questo, come per la Luna e congiuntamente alla eguaglianza dei due periodi, di rotazione e di rivoluzione, stanno a determinare un pianeta sul quale è sparita l'acqua ed ogni fluido; sono sparite le maree. Si tratta insomma di un pianeta morto, satellite del Sole come la

Luna è satellite nostro, e la cui evoluzione è terminata.

In causa della grande eccentricità dell'orbita, però, non abbiamo assolutamente un emisfero che arrostisce sotto i raggi di un sole implacabile, e l'altro che gela in una notte eterna. Una fascia di 23° 30′ di larghezza, vede il sole tramontare e sorgere, in un periodo di 88 giorni; la fascia, ossia il fuso orientale ha il giorno più corto della notte, e il rovescio succede per il fuso occidentale. E questo per le parti vicinissime all'emisfero illuminato perennemente; mentre le parti che confinano colla parte dannata alla eterna notte vedono il Sole per un momento, ogni 88 giorni. Questo passaggio dal giorno alla notte e viceversa è poi sempre, per tutta la zona che ha i tramonti e le aurore, immediato perchè manca ogni traccia di atmosfera, quindi mancano completamente i crepuscoli.

Per essere l'asse polare normale al piano dell'orbita, non vi sono stagioni. Tutto è dunque contrario alla possibilità di una vita su quel pianeta. Ma sarà esso sempre stato così? Razionalmente dobbiamo dire di no; anche esso doveva avere aria ed acqua alla superficie, e l'azione delle maree, ne ha provocato l'allontanamento dal Sole, il rallentamento tale da far eguagliare il periodo dei due moti (il giorno coll'anno) ed il raddrizzamento dell'asse polare rispetto alla orbita del pianeta.

Tutto come è avvenuto fra la Terra e la Luna, ma certo molto più rapidamente data la enorme sproporzione fra le masse dei due astri.

Sulla superficie di Mercurio, da vari astronomi fu osservato un punto più brillante, eccentrico. Fu veduto nel passaggio del pianeta sul Sole da Schroeter e Harding, da Moll e da Huggings, e fu supposto essere un vulcano di dimensioni fortissime rispetto al raggio del pianeta e per di più assai attivo dal momento che la luce del cratere si vedeva dalla Terra. Ma nè Schiaparelli, nè Lowell, nè altri, fanno cenno a questa singolarità luminosa, come non hanno riscontrato le montagne altissime ($^1/_{250}$ del diametro = circa 22 chilometri di altezza) che avrebbe osservato lo Schroeter sul terminatore e presso uno dei corni del pianeta in fase di nuovo, ossia di falce.

Schiaparelli tracciò delle macchie visibili e permanenti sulla superficie del pianeta, e Percival Lowell, con migliori istrumenti, facendo le osservazioni di giorno, come per primo consigliò di fare lo Schiaparelli, ha determinato sulla faccia del pianeta un vero reticolato.

Le due figure che diamo rappresentano le linee secondo i due autori, quella del Lowell essendo la ultima rappresentazione dell'aspetto del pianeta, contenuta nell'opera citata del 1910 (fig. 6-7).

Nessuno ha mai accennato allo schiacciamento di Mercurio ai due poli; nella figura ovale messa

nel suo testo dal Lowell è segnato quello che si vede anche nei due fusi che, ad oriente e ad

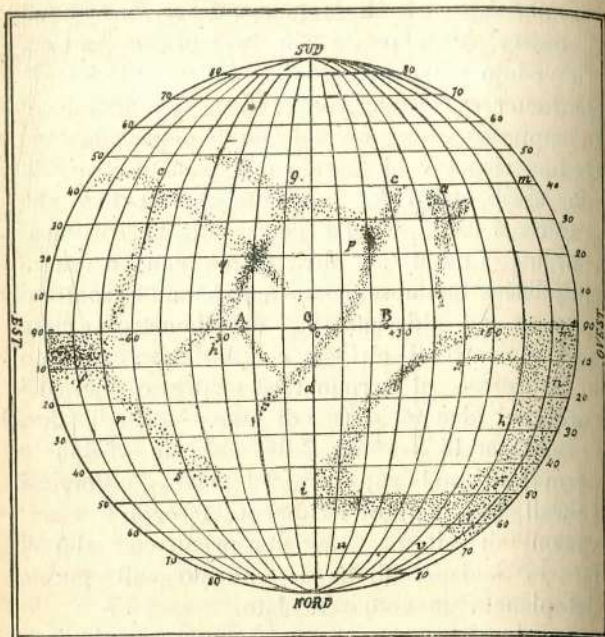



Fig. 6. — Mappa di Mercurio (Schiaparelli).

occidente sono talvolta illuminati dal Sole, ma non uno schiacciamento.

Schiaparelli ammetteva la esistenza di un'atmo-

sfera, deducendola da alcune variazioni ne[illegible] visibilità delle macchie scure della superficie.

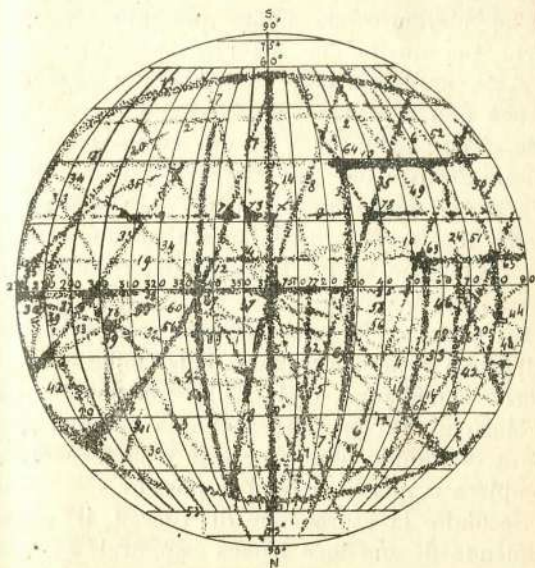



Fig. 7. — Mappa di Mercurio (P. Lowell).

Lowell la esclude assolutamente, o almeno dice che, se una atmosfera vi fosse, essa sarebbe di una tenuità estrema. Guillemin, nella *Encyclopédie Populaire* del 1891 dice che Mercurio deve essere

allo stato che corrisponde alle prime epoche geologiche sulla Terra, e cioè all'età carbonifera, e forse ancora all'epoca arcaica, essendo quindi circondato da una atmosfera densa e pesante.

Che Mercurio sia molto più giovane della Terra, per quello che stabilirebbe la teoria di Laplace, crediamo non si possa più sostenere, perchè non è provato che i pianeti più vicini al Sole sieno quelli che se ne sono staccati per ultimi. Certo è che per Mercurio possiamo ripetere il ragionamento che si fa per la Luna rispetto alla Terra; esso è morto presto, ossia la sua evoluzione si è già compiuta, cosa che per Terra non è ancora.

Lo provano la verticalità dell'asse sul piano dell'orbita e la eguaglianza della lunghezza del giorno e dell'anno, ossia della rotazione e della rivoluzione. Lo provano anche la assoluta mancanza di liquido alla superficie e la disparizione completa o quasi, di ogni atmosfera.

Secondo la espressione di Lowell, il pianeta risplende di una luce bianca « spettrale »; esso è un campo di morte, non solo, ma un globo addirittura « screpolato ». Le linee scure che noi vediamo, sono le screpolature, sono le fratture che si vedrebbero forse, in parte, sulla Terra, da un altro pianeta, se la Terra non avesse aria, ossia atmosfera e nubi. Sono quelle che si vedranno quando la Terra, esaurita la sua acqua e

la sua aria, passerà allo stato della Luna e di Mercurio, con tutte le caratteristiche cosmografiche, relative alla durata della rotazione ed alla inclinazione dell'asse polare sul piano dell'orbita.

Quelle linee scure hanno una regolarità impressionante e si rilegano ad un reticolato che ricorda quelli che si sono voluti tracciare sulla Terra (*Reséau pentagonal* di Elie de Beaumont, *Réseau héxagonal* di altri); ricordano pure quelli che si riscontrano su Venere e su Marte, come si farà vedere in seguito. La irregolarità dimostra che il pianeta ha vissuto una vita, per cui la sua superficie, o la sua crosta, non è completamente uniforme di struttura, come è anche per la Terra.

Dall'insieme però si può dire che il pianeta non si è consumato in conati vulcanici, come la Luna, ma è screpolato come è avvenuto per Venere, è quasi avvenuto per Marte, ed avverrà per una parte della Terra se le soprastrutture vulcaniche non ne obliterano tutta la superficie geologica. Da questo fatto, mal si spiegherebbe la piccola densità, stabilita dal Lowell. Morto presto, questo pianeta non dovrebbe aver avuto il tempo di « fermentare » (di « foisonner », come dicono i francesi) in modo da rigonfiare, aumentando di volume in modo da diminuire tanto di densità come è avvenuto per la Luna, per la crosta terrestre (ed avverrà per tutta la Terra) ed è anche avvenuto per Marte. Per serbare una

analogia collo stato in cui si trova Venere, dovrebbe avere una densità come quella che gli si attribuiva prima, cioè superiore a quella della Terra. Per analogia collo stato di evoluzione della Luna, e anche di Marte, si troverebbe naturale che la sua densità fosse minore di quella della Terra. In ogni modo, sta il fatto che Mercurio è un pianeta che ha terminato la sua vita individuale, ossia la sua evoluzione, e rimane un corpo inerte nello spazio, asservito al Sole, di cui segue l'attrazione, senza beneficiare della luce e del calore che ne riceve, e che non fa, in tutti i casi, che aumentarne le « screpolature ».

Queste screpolature sono sempre del tipo di quelle che si ottengono, non facendo sgonfiare un globo rivestito di cera o di altra materia semiplastica, ma bensì, come abbiamo detto, facendo rigonfiare un globo così rivestito.

La posizione della sua massa intorno all'asse polare, avrà cambiato, come abbiamo visto esser avvenuto per la Terra? Se vi fu del liquido sulla superficie, certamente sì, diciamo noi. In ogni modo, se l'asse polare è adesso normale al piano dell'orbita, probabilmente non lo fu quando il pianeta si staccò dalla massa solare e per tutta la sua vita individuale, ossia prima di esaurire la sua evoluzione. Quindi dei rilievi si devono esser creati sulla superficie, e vi devono esser montagne e depressioni.

Se esse sono piccole ed inafferrabili col telescopio, o grandissime, come aveva determinato lo Schroeter, noi non possiamo giudicare, non essendo, sventuratamente, astronomi. Razionalmente ci limitiamo a dire che crediamo alla esistenza di rilievi montuosi sulla superficie di Mercurio, e ad una vita planetologica (« geologica » per la Terra) quantunque assai breve, abbreviatissima anzi, per la vicinanza eccessiva del Sole. Fu una vita efimera, ma la vita vi deve esser stata, con tutte le particolarità degli altri pianeti, e le linee di frattura stanno a provarlo.

CAPITOLO III.

VENERE

Anche per Venere le conoscenze astronomiche hanno variato ed hanno modificato gli elementi che se ne davano.

Il suo raggio era calcolato pari a 0,954 di quello terrestre, ossia di 5691 chilometri.

La superficie 0,910 della terrestre.

Il volume 0,864 di quello terrestre.

La densità 0,956 di quella della Terra pari a 5,36.

Il valore della gravità alla superficie 0,8 circa.

Lo schiacciamento ai poli di $^1/_{200}$; la rotazione in 23 ore e 20 minuti, la rivoluzione in 225 giorni siderati all'incirca (224. 16°. 49'. 8").

L'orbita quasi circolare (perchè la distanza all'afelio è di 107 700 000 chilometri e al periclio 106 300 000) che il pianeta percorre con una velocità di 34 600 metri al 1".

La velocità di rotazione è, all'equatore, di 452 metri, secondo Guillemin; altri danno 464.

Il piano dell'orbita è inclinato di 3°. 23'. 51" su quello dell'orbita della Terra, ma quello del piano dell'equatore su quello dell'orbita è di 49°. 48', per cui su Venere non si avrebbero che due zone, la tropicale e la polare (ossia le polari).

Percival Lowell ci dice che bisogna in gran parte modificare tutto ciò.

Colle osservazioni di certe macchie e linee scure che sono sulla superficie di Venere, lo Schiaparelli per primo ebbe a dire che la rotazione del pianeta doveva compiersi in 6 mesi per lo meno, e non in 24 ore scarse.

Colle osservazioni a Flagstaff, si venne a riconoscere che le macchie tenevano sempre la stessa posizione sulla superficie illuminata dal Sole, e quindi che essa non cambiava mai. Il pianeta volgeva sempre la stessa faccia al Sole (fig. 8). Esso rotava in un tempo eguale a quello impiegato nella sua rivoluzione; un emisfero bruciato dal calore solare, ed uno gelato, nella notte eterna. Su Venere, neanche i due fusi laterali, rispetto alla faccia illuminata, che per un certo periodo sono illuminati e riscaldati su Mercurio, perchè Mercurio percorre un'orbita a grande eccentricità, ma Venere ne percorre una quasi circolare.

Anche Venere è screpolata, e le linee e macchie sono ben nette e indicano fessure e lineamenti superficiali.

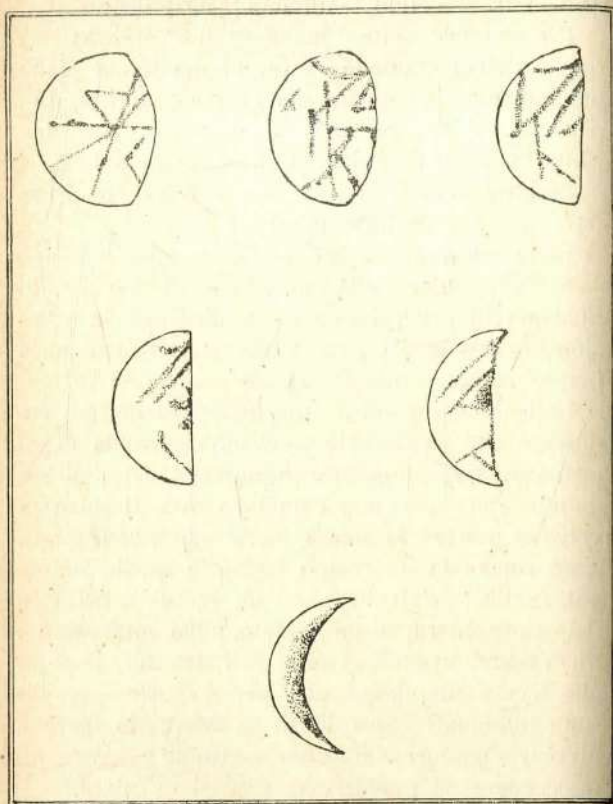



Fig. 8. — Venere (P. Lowell).

Lowell dice che dal centro della faccia illuminata devono sollevarsi colonne di aria calda, che poi si precipitano in falda conica sulla faccia posteriore, da cui l'aria gelata, radente il meridiano limite fra le due, deve riprecipitarsi sulla faccia calda con grande violenza.

Con questo giro di aria continuo, tutta l'acqua, vaporizzata, deve esser stata *pompata* dalla parte di Venere, e accumulata dalla parte fredda e scura, sotto forma di ghiaccio.

Nell'atmosfera di Venere non vi sono nubi, come lo provano la costante intensità di calore delle macchie e linee scure della superficie. Dunque l'acqua manca, e se anche fosse tutta allo stato di ghiaccio sulla faccia opposta, il resultato è lo stesso, per la faccia che vediamo. Più probabilmente però il pianeta è rimasto privo della sua acqua più presto della Terra, perchè, pur conservando una densità simile alla densità di questa, è già arrivata a non mostrar più acqua sulla sua superficie, non solo, ma ad avere un periodo di rotazione coincidente con quello di rivoluzione, il che è caratteristica di un pianeta « *morto* ».

Venere è ad una distanza dal Sole pari a $^7/_{10}$ di quella della Terra, per cui riceverebbe il doppio di luce e di calore di noi, tuttavia essa è più brillante ancora di quello che dovrebbe essere; e infatti, superfici pari, su Venere e su

Mercurio, brillano 5 volte più sul primo che sul secondo pianeta.

Mentre Mercurio dà il 0,17 della massima riflessione, e le nubi danno il 0,72, Venere dà il 0,92.

Dobbiamo dedurne che la sua superficie è assolutamente bianca di natura. È essa costituita di calcari bianchi, o ricoperta di sale?

Il pianeta avrebbe ancora qualche elemento di gioventù, ed è la sua forte densità, dato che il passaggio a densità inferiori a 4 per Mercurio, Marte, la Luna (cioè pianeti del gruppo più vicino al Sole) rappresenti la loro decrepitezza, rispetto alla Terra, ancora in piena vita, ma colla densità di 5,61.

Altro elemento di gioventù sarebbe l'inclinazione del piano equatoriale su quello dell'orbita, che Vico ha calcolato a 49°. 48′, e Schroeter a 75°. Ma il Lowell, ed i moderni astronomi, dicono invece che i due piani coincidono e l'asse polare è perpendicolare al piano orbitale.

Sul pianeta potevano benissimo i mari, finchè esistevano, esser tanto caldi da contenere organismi capaci di captare le particelle calcaree e formarne banchi di calcare.

D'altra parte, l'idea del Lowell, del pompamento completo delle acque dalla faccia vista, per portarle a congelarsi e immobilizzarsi sulla faccia posteriore, potrebbe spiegare un inviluppo

completo di sale, sul pianeta, almeno per l'emisfero rivolto al Sole.

Lowell parla di una luce cinerea, debole, sul terminatore, e dice che è la riflessione della luce stellare sul ghiaccio che avvolge l'emisfero privo di luce e calore. La spiegazione è ingegnosa.

La grande lucidità e lo splendore di Venere, egli la ascrive all'atmosfera, perchè le nubi di vapor d'acqua non arriverebbero, come si è detto, a dare un albedo di 0,92. Ma questa atmosfera che avrebbe questo movimento circolatorio rapidissimo che egli descrive, anche se priva di vapor d'acqua, dovrebbe avere tanto pulviscolo in sospensione, da non poter avere tanta trasparenza e riflettere così brillantemente la luce solare. Anche se il pulviscolo provenisse da roccie bianchissime.

Le fratture della superficie e le macchie nere, che ricordano i canali e le macchie di Marte, meglio si spiegano coll'ipotesi che tutte le roccie sedimentarie di Venere sieno calcari bianchi. Là non vi sono, nè vi furono vulcani, e le roccie eruttive non hanno coperto neanche in parte la sedimentazione. L'acqua non fu consumata in attività endogena e dovette esser sempre scarsa.

Il bello e tanto poetico pianeta è dunque un vero sepolcro di marmo, bianco e spettrale, ed ogni vita organica e planetare vi è morta.

CAPITOLO IV.

LA TERRA

Dopo quanto si è detto nella Parte I, sulla Terra, sarebbe inutile parlarne qui. Per essa abbiamo potuto scendere a minimi dettagli planetologici, tentare di valutare il calore interno proprio, della crosta, le vicissitudini avute dal pianeta, studiarne la evoluzione; cose che per gli altri pianeti non possiamo fare.

Nella Terra troviamo le parti calcaree emerse, biancheggianti, che ci possono spiegare lo splendore di Venere; le zone desertiche, di sabbie o arenarie più o meno ferrugginose ed i piani salati, le regioni carsiche colle doline, che spiegano la costituzione di Marte e le particolarità della sua superficie.

Vi troviamo gruppi di vulcani, al fianco di depressioni, occupate dal mare, che ci spiegano la struttura superficiale della Luna.

Vi troviamo traccie di allineamenti, sia di frattura, sia di corrugamenti, passanti anche per i crateri di grandi vulcani, che riproducono i reticolati delle screpolature di Mercurio e di Venere, dei *canali* di Marte, delle lunghe e brillanti linee di frattura della Luna.

Pianeta privilegiato ha avuto la massima quantità di acqua, e costituendosi questa si è creata una densità che è la massima conosciuta fra i pianeti del sistema solare. Sta consumando la sua acqua e diminuendo la sua densità, ma ha ancora lunga vita davanti a sè. Pianeta eminentemente evolutivo, ha anche variato la distribuzione della sua massa intorno al suo centro, in modo da evitare un troppo grande schiacciamento, come quello di Marte e quelli fortissimi dei grandi pianeti, che pure, essa stessa, se è passata traverso allo stato in cui quelli si trovano, deve aver avuto, ed avrebbe dovuto mantenere per tutta la sua esistenza, se non avesse fatto opportune manovre, intorno al suo asse polare.

Davanti a Mercurio e a Venere, sui quali la vita deve essere spenta; di fronte a Marte dove la vita deve essere meschina e anemica, la Terra è ancora nel rigoglio della esistenza; come pianeta ha avuto una vita rigogliosa, di organismi e di mineralizzazione autogeni, fino dal momento in cui ha avuto l'acqua sulla superficie, e che si è stabilita, intorno al nucleo da cui tutto partiva

e tutto esce, una corteccia, non molto robusta, ma continua. Dopo molte vicende però, adesso ha raggiunto un assetto definitivo; movimenti lenti si producono ancora, ma insomma, fu possibile la venuta e la permanenza dell'uomo sulla Terra, ed è lecito domandare se un animale evoluto come l'uomo ha mai esistito sopra gli altri pianeti solari, e se non si dovrà andare su pianeti di lontanissimi soli e stelle, per trovarne uno consimile.

CAPITOLO V.

MARTE

I parametri caratteristici di Marte sono, rispetto illa Terra:

Diametro.	0,53	
Superficie	0,26	
Volume	0,15	
Massa	0,105	
Densità	0,7	ossia 3,92
Valore della gravità .	0,37	

L'inclinazione del piano equatoriale su quello lell'ecclittica è di 24°, simile a quello della Terra (che è di 23°-27°) come pure è simile la lurata del giorno, che è di 24°. 37'. 25". 66.

Ma l'eccentricità dell'orbita è molto maggiore li quella terrestre, questa essendo di 0,016, mentre quella di Marte è di 0,093.

L'anno solare è di 687 giorni terrestri e 669 marziani.

La distanza media del Sole, 227 milioni di chilometri, ossia 1,5237 volte quella della Terra al Sole.

La velocità di un punto situato sull'equatore di Marte è di 239 metri al 1″, mentre quella della Terra è di 463 metri in media (1).

Ad onta di una velocità tanto minore, lo schiacciamento è molto maggiore di quello della Terra; il Schurr ottenne $^1/_{47}$ nella opposizione del 1896, e poi $^1/_{57}$ in quella del 1899; il Percival Lowell calcolò prima $^1/_{191}$, ora ha fissato definitivamente lo schiacciamento ai poli a $^1/_{195}$ del raggio medio.

Sul pianeta esiste un liquido simile, o eguale alla nostra acqua, che produce nubi e vapori e che può congelarsi.

Secondo la teoria cinetica dei gas, sopra Marte non potrebbero sussistere fluidi aventi una densità atomica minore di 9,25 volte quella dell'idrogeno; perciò si vorrebbe escludere la presenza del vapor d'acqua e quindi dell'acqua su questo pianeta e si dice che le calotte di ghiaccio che vi si vedono sono invece di acido carbonico congelato.

Se non erriamo, anche su Marte, una volta che l'acido carbonico cessasse di esser congelato, do-

(1) La velocità angolare è dunque, all'incirca, eguale a quella della Terra.

vrebbe divenire un gas, e non un liquido in tutto simile all'acqua. Infatti, sui bordi delle calotte di ghiaccio, quando cominciano a fondersi si osserva un'aureola di color azzurro profondo, del tutto simile a quella che darebbe l'acqua.

Se questa esiste sul pianeta, peserebbe solo 370 grammi al metro cubo.

Certo su Marte si ha un'atmosfera, come si osserva al « *lembo* » e come si prova per la presenza di un *arco crepuscolare.*

Dalla misura di questo, pare che l'aria marziana sia molto tenue, ossia di tale densità che l'atmosfera farebbe equilibrio a soli 100 millimetri di mercurio terrestre. Invece dagli esami spettroscopici, quell'aria risulta soltanto 4 volte meno densa della nostra, ma analoga, e che diminuisce di densità, secondo la elevazione sul pianeta, meno rapidamente dell' atmosfera terrestre.

Certo vi è anche del vapor d'acqua, perchè lo spettroscopio lo indica.

Le stagioni sono lunghe perchè il numero di giorni nell'anno è grande, e non sono eguali. Nell'emisfero boreale si hanno:

in primavera	199	giorni
in estate	183	»
in autunno	147	»
in inverno	158	»

nell'emisfero australe invece:

in primavera . . .	147	giorni
in estate	158	»
in autunno	199	»
in inverno	183	»

Sembrerebbe che l'emisfero australe dovesse esser più freddo; invece però, succede che, mentre la calotta glaciale, scende per il boreale, talvolta fino a 50° di latitudine, e si ritira ad un minimo di 6°, per l'emisfero australe, la calotta si restringe fino a soli 5° di estensione e nel 1894, eccezionalmente, si vide sparire del tutto.

Sopra Marte non vi sono montagne; per lo meno cogli strumenti migliori non si è potuto stabilirne la esistenza sul *terminatore;* e siccome se vi fossero montagne di altezza superiore ad 800 metri, si dovrebbero vedere, se ne deduce che, se su Marte esistono montagne, sono tutte di altezza inferiore ad 800 metri (1).

Il nostro Schiaparelli, vera illustrazione della scienza, studiò a fondo Marte, per il primo, e quello che egli vide e descrisse su quel pianeta è ancora considerato come quanto vi è di più esatto, e di coscienziosamente veduto e descritto.

(1) Il fatto che alla fusione delle calotte polari si vede un'aureola di un azzurro trasparente benchè cupo, ci dice che l'acqua soggiorna là, almeno per un certo tempo, e quindi la superficie è pianeggiante.

Egli distinse le zone di color ocraceo, che furono considerate come continenti o come parti desertiche, e le parti che prendono un color azzurro verdastro, e che chiamò *mari*.

Riconobbe quelle linee scure che chiamò *canali*, pur esprimendo il dubbio se erano veramente linee, o serie di punti allineati.

Emise però anche il dubbio che i mari fossero distese di acqua, e che questa scorresse nei canali.

Posteriormente gli studi su Marte furono perfezionati anche perchè si ebbero a disposizione più potenti telescopi.

Molti studi vi fecero il Flammarion, Antoniadi e molti altri, all'Osservatorio di Juvisy sur Oise.

Il Percival Lowell ne è il più assiduo studioso, dal suo Osservatorio di Flagstaff, nell'Arizona.

Le osservazioni si fanno nelle epoche di *opposizione*, che ricorrono circa ogni 2 anni e mezzo.

Si è osservato che i così detti mari, cambiano di colore, passando al grigio e perfino al giallastro, sui bordi, nell'autunno, e tornando di un bel color verde azzurro nella stagione di primavera-estate. Alle volte invadono le terre, alle volte si ritirano da queste. Ve ne sono però che rimangono costantemente scuri e non diventano mai giallastri, come le Sirti, ad esempio.

I canali soffrono meno palesemente di tali variazioni, però manifestano anche essi dei cambia-

menti. Quello che è speciale è che vi sono *canali* che traversano i mari, e siccome ciò è impossibile, poco alla volta si è venuto a vedere chiaramente di che si tratta.

Il color verde azzurro è proprio della vegetazione e del verde fogliame rigoglioso; i *mari* in genere, sono le ragioni coltivate o boscose, che all'autunno per l'ingiallimento o la perdita delle foglie, diventano grigie o giallastre; i canali sono linee dove la vegetazione è più lussureggiante.

All'incontro di due canali si ha una macchia scura più grande.

Schiaparelli per primo osservò che alcuni di questi canali si sdoppiavano, e dopo di lui molti, e specialmente il Lowell, compilarono la lista, sempre più numerosa, dei canali doppi.

Molti hanno detto che questo è un fenomeno di diplopia, ma che i canali doppi non esistono.

Certo è strano il fatto che, se un canale si sdoppia, al suo incontro con un altro canale non si vede più una macchia scura, ma se ne vedono due; e se tutti due i canali si sdoppiano, se ne vedono quattro. Se tali macchie, che sono molto più visibili dei canali, non furono vedute subito, in numero di due o di quattro, quando i due canali sembravano scempi, non si comprende come appariscano più tardi, esattamente seguendo lo sdoppiamento delle linee.

Schiaparelli emise il dubbio che i creduti ca-

nali non fossero che linee di punti; Antoniadi ha la stessa idea; ultimamente, un astronomo tedesco ha asserito che si tratta veramente di punti scuri allineati, non di vere linee.

Vediamo quali analogie si hanno, o si possono riconoscere fra la Terra e Marte.

Il Visconte R. du Ligondès, fa il calcolo della densità degli strati alla superficie di Marte.

Egli assume per la densità della crosta terrestre la cifra di 2,5 e per la media terrestre 5,5; ne deduce la densità al centro, eguale a 10.

Chiamando D la densità al centro e d quella corrispondente alla distanza R dal centro, egli pone la relazione:

$$d = D\left(1 - \frac{3}{4} R^2\right).$$

Per Marte ammette lo schiacciamento di $^1/_{195}$ e la densità media di 3,91; e dato lo schiacciamento, per i valori corrispondenti agli indici dati sopra per la Terra, trova invece:

$$d = D\left(1 - \frac{1}{2} R^2\right).$$

La densità 3,91 corrisponderebbe ad un raggio

$$r = \sqrt{\frac{3}{5}}.$$

Ne viene dunque:

$$3,91 = \frac{7}{10} D$$

e per la superficie

$$d' = \frac{1}{2} D$$

$$d' = 2,8 \qquad\qquad D = 5,8.$$

Quindi, dice egli, la densità media degli strati sulla superficie di Marte è eguale a quella della crosta terrestre, quindi il ferro che domina sulla Terra, entro alla crosta, per Marte domina anche alla superficie; di qui il colore ocraceo dei continenti.

Noi non siamo di questo parere. Il nucleo di Marte deve esser rigido, duro, elastico come quello della Terra, ed aver la stessa densità assoluta; solo è più piccolo, non solo perchè il pianeta è più piccolo, ma anche perchè la crosta è proporzionatamente più grossa. Il pianeta è più avanti nella evoluzione, ed ha consumato quasi tutta la sua acqua.

Per certe considerazioni, sarebbe ancora lungi dall'estinzione; infatti fa un gran numero di rotazioni, durante il periodo della rivoluzione, mentre sappiamo che avviandosi alla *morte*, un pianeta diminuisce il numero di rotazioni; inoltre

ha il piano equatoriale ancora molto inclinato (24°) su quello dell'orbita.

Maree non se ne producono, sul pianeta, perchè la poca acqua che ha non forma dei mari, o ne forma di poco importanti per cui le maree sono insignificanti (1). Può risentire l'effetto di marea la crosta, ma meno della crosta terrestre, perchè è relativamente più spessa della nostra, ed il pianeta più lontano dal Sole.

Sembrerebbe che in molte cose il pianeta sfuggisse a tutte le regole che dà il Lowell per caratterizzare un pianeta vecchio; ma intanto presenta una caratteristica di vecchiaia, ed è la scarsezza d'acqua, e la poca densità.

Il pianeta non ha montagne e non ha vulcani, specialmente, non ha dunque niente di paragonabile alla Luna, che ha assolutamente i caratteri opposti.

Se da Marte si osservasse la Terra, le nostre regioni boscose e coltivate apparirebbero pure di color verde azzurro, e i nostri deserti di color ocraceo. Al cader delle foglie, specialmente nei boschi di alberi a foglie caduche, o al maturare delle messi, anche qui si vedrebbero le parti verde-azzurre, passare a grigio o a giallastro, e restar verdi solo le boscaglie a essenze sempre verdi.

---

(1) I due satelliti di Marte sono ben piccoli, e le maree da essi originate non saranno certamente molto forti.

Su Marte furono riconosciute le calotte polari, e quelle seguono bene la regola dell'acqua gelata, che col calore si scioglie e ritorna acqua; ma in mezzo alle zone ocracee ed in regioni tropicali, furono scoperte, su quel pianeta, delle macchie bianche, fisse, brillantissime, e precisamente:

la *Nix Olympica*, a 20° di latitudine Nord e 129° di longitudine, e

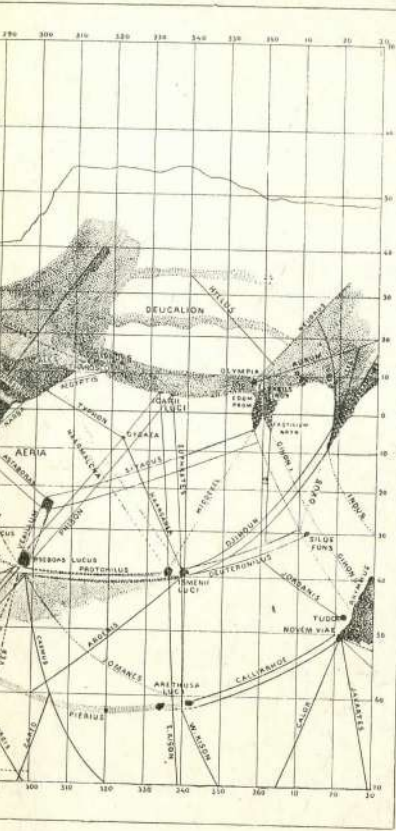
la *Nix Atlantica*, a 10° di latitudine Nord e 270° di longitudine.

(Vedi planisfero di Marte tolto dal Lowell (Tav. II).

Lowell poi ne ha scoperto una che fu visibile dal giugno all'agosto del 1901, finchè, cioè, cessò di esser osservabile; era a 10° Nord, all'angolo S-E dell'*Elysium*, al confine col *Trivium*. Altre macchie e striscie bianche sono comparse, talvolta, sempre in estate e sempre nella zona tropicale settentrionale, fra 10° e 20° di latitudine.

Non possono esser parti residuali della calotta glaciale, perchè appaiono nella regione equatoriale, fuori dei limiti invasi da quella; inoltre sono sempre di un bianco smagliante di estate, e spariscono e diventano color bianco sporco, nelle altre stagioni.

Lowell vorrebbe ascrivere quelle macchie a brinate; ma perchè, specialmente le due prime, sempre nello stesso luogo, e perchè solo nella zona tropicale?

Tav. II.

Planisfero di Marte secondo Percival Lowell

3

e
c
n
fu
b

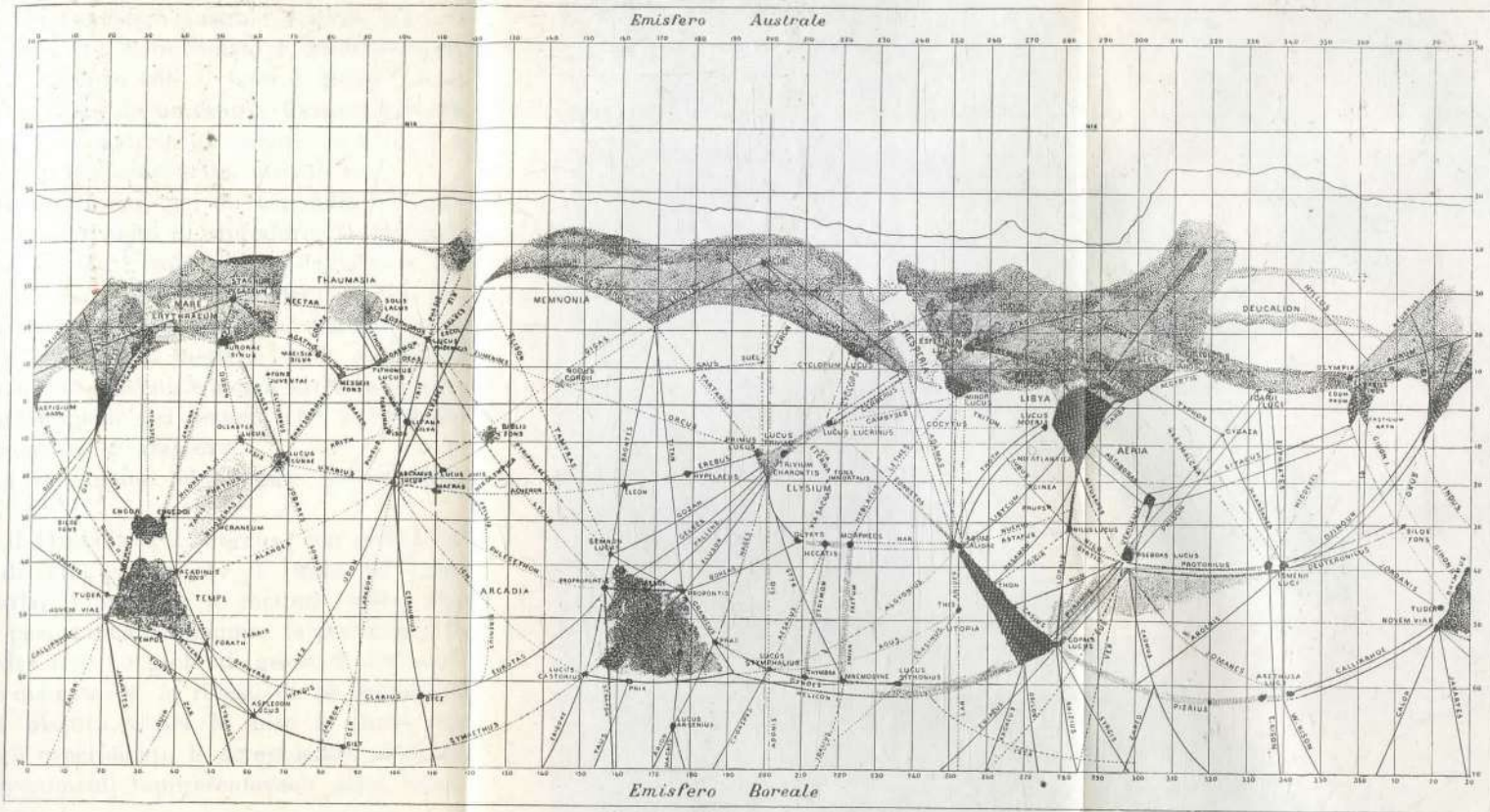
e

e

(

d
d
S
m
v
p

g
ri
s
e
n

b
s
z

La rete dei canali è fitta, sopratutto nella zona tropicale, ma l'emisfero australe è meno ricco di quello boreale (1). Il reticolato è, relativamente, regolare; si direbbe che il tipo è quello di sei raggi che partono da un centro, formando angoli eguali; ma non sempre gli angoli sono così, e alle volte i canali sono sette anzichè sei.

Daubrée pel primo, poi du Ligondès e l'abate Moreux, hanno tentato di riprodurre la forma di quel reticolato. Tutti sono partiti dall'idea di far diminuire il diametro di una sfera su cui era steso uno strato di cera o d'altra materia semi-plastica; e questo per mettersi nelle condizioni che molti hanno creduto e alcuni credono ancora rappresentare quelle dei pianeti, che *raffreddandosi diminuiscono di diametro.*

Nessuno è riuscito ad imitare il reticolato marziano.

Invece il Daubrée e il Moreux, con palloncini ricoperti di cera, provarono: il primo ad iniettare dell'aria, il secondo a metterli sotto alla macchina pneumatica e diminuire la pressione; il du Ligondès fece un globo di gesso di 175 millimetri di diametro e lo rivestì di 25 millimetri di argilla plastica, e poi lo mise in forno. In tutti tre gli esperimenti, le screpolature ottenute sui tre rivestimenti rappresentavano assai bene,

(1) Notiamo che anche le macchie bianche si trovano nella zona equatoriale dell'emisfero boreale.

per disposizione e per distribuzione, il reticolato dei canali di Marte (1).

Il Lowell ha l'idea fissa che si tratti di veri canali, scavati dagli abitanti del pianeta per utilizzare la scarsa acqua che si ha a disposizione sul pianeta. Quantunque egli dica che nella crosta di un pianeta che si solidifica, si formano delle *fessure in cui l'acqua si raccoglie* (parlando della Terra, ma in un libro in cui tratta di Marte), per Marte perde tale concetto, ed ascrive i canali, non più ad un reticolato di fessure, ma all'opera dei marziani.

Non tien conto che tutta la zona australe, coperta di mari, ossia di oasi di colore assai carico, non è « irrigata » da nessun canale, si può dire, mentre l'emisfero boreale, che presenta la fitta rete di canali, è priva di grandi oasi, e dominano le macchie tondeggianti, non eccessivamente larghe, da cui irradiano i canali stessi. Riconosce che i gangli o macchie, all'incrocio di due canali, furono veduti dopo i canali, e lo spiega osservando che una linea si scorge più facilmente di un punto.

Egli stesso, con un intelligente artifizio, è arrivato a stabilire che i canali hanno, per lo meno,

(1) È un reticolato analogo, come abbiamo detto altrove, a quelli che presentano Mercurio e Venere, o quello delle fratture terrestri. Come è detto nell'altra parte della memoria, i pianeti, ingrossando la crosta, rigonfiano e si screpolano, non diminuiscono di diametro.

la larghezza di 1400 metri, e dal suo planisfero stesso poi si vede che sono lunghi migliaia di chilometri. Sarebbero opere così colossali, che la mente umana non può afferrare la quantità di energia e di tempo che hanno richiesto. Forse degli uomini terrestri, portati su Marte, trovandosi a pesare essi stessi 25 o 26 chilogrammi, e ad aver a fare con della terra pesante 550 chili al metro cubo e della roccia pesante 800 chili, dato che mantenessero su quel pianeta la forza muscolare che hanno sulla Terra, farebbero dei miracoli di lavoro, colla stessa energia che sul nostro pianeta corrisponderebbe ad un lavoro normale; ma gli abitanti di Marte, con quella scarsa atmosfera, tenuissima, da respirare, probabilmente essi stessi di dimensioni ed energia proporzionati al pianeta che abitano, come potrebbero aver fatto dei lavori così immani?

Lowell arriva poi a delle conclusioni che troviamo straordinarie. Basandosi sul fatto che i canali *rinverdiscono* a certe date stagioni, esclude l'idea che rappresentino delle fessure della crosta del pianeta. L'acqua discende dai poli verso l'equatore ed arriva ad oltrepassare questo, impiegando 52 giorni, dalla fusione della calotta, fino al completo sviluppo del suo lavoro rivificatore, ossia da 72° di latitudine Nord, all'equatore. Sono 4240 chilometri percorsi in 52 giorni, cioè con una velocità di 3 ½ chilometri all'ora.

Tale percorso si effettua per un meccanismo artificiale, ma, dice lui è un fatto che l'acqua *discende* verso l'equatore.

Ora, collo schiacciamento di $^1/_{195}$, essendo il raggio di Marte di 3400 chilometri, un punto all'equatore è più lontano dal centro del pianeta di più di 17 chilometri, e l'acqua, per andare dalla regione polare all'equatore, dovrebbe *allontanarsi* dal centro, ossia in certo modo, salire, di 17 chilometri circa.

Va bene che sulla superficie del pianeta l'acqua possa trovarsi in equilibrio idrostatico, ad onta dello schiacciamento; ma che debba realmente *discendere*, naturalmente o artificialmente che sia, non lo comprendiamo; e questa traslazione, anche artificiale, colla velocità di 1 metro al 1″, ci pare cosa tanto meravigliosa, che la nostra mente si rifiuta a crederla, come alla costruzione artificiale dei canali (1).

Il Prof. Walter Maunder ha sempre negato che i canali di Marte possano esser artificiali, e se essi poi sono invece degli allineamenti di punti, come Schiaparelli ha preveduto, e come ora si è, si può dire accertato, ogni supposizione sulla artificialità di quei canali, cade da sè.

---

(1) All'equatore si ha aumento di valore della forza centrifuga e diminuzione del valore della gravità, in causa della maggior velocità e del maggior diametro. Se movimento vi deve essere per l'acqua, non potendo essa venir lanciata fuori del pianeta, sarebbe, rompendo l'equilibrio idrostatico invocato, di correre verso il polo.

Se, come abbiamo detto prima, si osservasse la superficie terrestre, da Marte, non solo si vedrebbero le foreste e le parti coltivate in primavera, color verde azzurro, e le parti desertiche e le steppe, color ocraceo, ma in paesi calcarei, come il Carso, l'Illiria, il Montenegro, e mille altri, si vedrebbero dei punti scuri, in cui la vegetazione è concentrata in fondo alle *foibe* o *doline,* cavità naturali imbutiformi, che si generano in molti terreni stratificati, ma specialmente nei calcari.

Nella parte calcarea della Calabria cosentina, ne possiamo vedere di allineate per un chilometro e più. Ma la superficie della Terra è tanto tormentata da valli e montagne, che non può paragonarsi a quella relativamente liscia di Marte.

L'origine delle doline è conosciuta; per un corrugamento od una frattura, si genera, sotto ad una pila di strati, un corridoio vuoto. Entro questo franano, qua e là, gli strati del giacimento rotto o corrugato, e si generano delle cavità imbutiformi, che, naturalmente, si regolarizzano di forma e prendono l'aspetto di veri imbuti.

Al fondo di questi imbuti si raccoglie la *terra rossa,* il noto prodotto di disfacimento dei calcari, si ha un umidore naturale, e dell'ombra, e quindi condizioni propizie alla vegetazione, mentre la superficie del suolo, tutto intorno, per la ste-

rilità e bianchezza del calcare, resta assolutamente nuda.

Soltanto in fondo alle doline, vediamo la vegetazione in certe parti del Gargano, nel Carso, in Illiria, al Montenegro, e in genere nelle regioni di formazioni calcaree.

Se una frattura geologica, o un corrugamento che ha la stessa origine, e rappresentano così un vero allineamento, si producono in una regione a strati regolari, e compatti, come sono quelli calcari, è naturale che si possano formare delle doline lungo tutto l'allineamento, costituendo una fitta bottoniera di imbuti, vicini l'uno all'altro.

Al Gargano abbiamo veduto doline di circa un chilometro di diametro. Se il fenomeno è più esteso e grandioso, non è da meravigliarsi che le *foibe* arrivino ad un diametro maggiore.

Vedute da un altro pianeta, quelle buche verdeggianti continue, possono benissimo apparire come linee, e tali sarebbero i canali di Marte, che però, appunto, a cominciare da Schiaparelli, furono ritenuti sequele di punti, e da altri, attualmente, dichiarati come tali.

Marte dunque presenterebbe secondo noi, in grande, il fenomeno delle doline; la sua crosta, che presenta poche asperità, perchè non si vedono montagne cospicue, ha una costituzione regolare di arenarie ferruginose, e di calcari; essa è stata fratturata profondamente, perchè la posizione dei

poli da lungo tempo non ha variato, tanto vero che col piccolo diametro e la piccola velocità all'equatore, il pianeta presenta un forte schiacciamento. Quindi un gran numero di fratture (1), le quali si trovano specialmente concentrate nella regione equatoriale (con prevalenza verso l'emisfero australe) e che, come avverte Lowell, sono disposte lungo archi di circoli massimi.

Sono le fenditure provocate da Daubrée, da Ligondès e Moreux, facendo rigonfiare i loro globi; sono le fratture che si hanno sulla Terra; ma qui obliterate da mari, montagne elevate, e dall'intreccio di quelle create quando i poli avevano altra posizione. Su Marte, invece, pianeta più piccolo, dalla superficie quasi uniforme, ed in cui, per conseguenza (perchè non vi furono spostamenti di grandi masse alla superficie) i poli non hanno forse mai cambiato di posizione, le fratture planetologiche si sono manifestate liberamente e, come è naturale, prevalentemente nella regione equatoriale, che è quella dove maggiore è il rigonfiamento.

Mari, che hanno creato quelle sedimentazioni, ve ne furono certo; ora l'acqua è diminuita, ma non vi saranno certamente più mari? Le Sirti, il Mare Sabeus, il Mare Cimmerium, sono di colore

(1) Seguiteremo a chiamarle fratture, ma meglio possono definirsi come *allineamenti di frattura*, lungo i quali si è prodotto il fenomeno del Carso (le *foibe* o *doline*).

molto più carico delle « *oasi* », e più permanente è la tinta.

Se fossero mari, si troverebbero dominare nell'emisfero australe, come sulla Terra vi dominano gli oceani, ed i continenti vi terminano con punte rivolte al polo Sud, come su Marte (1).

L'eccentricità dell'orbita di Marte è maggiore di quella della Terra; ha la posizione del pianeta, rispetto al Sole, all'afelio o al periclio, una influenza sulla forma dei continenti e sull'accumulo di terre su un emisfero e di mari sull'altro? Lo abbiamo supposto per la Terra; si confermerebbe per Marte (2).

Arenarie ferrugginose, calcari bianchi o color crema e inadatti alla vegetazione, fenomeno di doline, abbiamo sulla Terra, e corrispondono a formazioni dell'epoca secondaria, quando la Terra era tranquilla, aveva montagne bassissime, mari

(1) Notare che il planisfero di Marte porta il polo Sud in alto, e quello Nord in basso. Se sul pianeta si hanno nubi, e pioggie e nevi, bisogna pur ammettere che vi sieno bacini di acqua che alimentano l'evaporazione e non sola vegetazione.

(2) La durata dell'estate e primavera unite è, su Marte, di 382 giorni nell'emisfero boreale e di 305 in quello australe, per cui il primo riceve molta più luce e calore, dal Sole, del secondo, ciò, analogamente a quello che succede per la Terra.

Ma Marte, durante l'afelio, è a 246,3 milioni di chilometri dal Sole, e durante il perielio a 204,4, talchè le quantità di calore che riceve dal Sole sono, all'afelio 0,360 di quella media che riceve la Terra, e per il periclio 0,524 della stessa, ciò che compensa largamente la maggior durata della esposizione al Sole, e mette l'emisfero australe di Marte, rispetto a quello boreale, in condizioni ancor più accentuatamente diverse di quelle che si hanno rispettivamente, per i due emisferi terrestri.

estesissimi e poco profondi relativamente; non avvenivano eruzioni vulcaniche, anzi i vulcani erano sconosciuti, ossia *dimenticati*, a quell'epoca.

L'epoca fu lunghissima, e forse la depressione ai poli fu più forte dell'attuale; si prepararono fessure immense e da questo un lavorio endogeno che è scoppiato furibondo nell'eocene.

Marte, a prescindere dalla minor quantità di acqua, sarebbe rimasto ad un'epoca paragonabile alla secondaria, con sole colline e non montagne, senza vulcani, e grandi fratture? Le doline, allineate lungo queste, più grandi all'incontro di due linee di frattura (1) sono in calcari paragonabili ai nostri, e le regioni ocracee, sono di arenarie rossastre, corrispondenti a clima arido ed a grandi evaporazioni?

Può essere di sì. Le macchie bianche, in regioni equatoriali, di un bianco smagliante in estate, meno brillanti, talune grigiastre in inverno, non sono essi deserti salati, brillanti quando sono asciutti, di un bianco sporco quando vi cade poca acqua piovana e stempera il sale colla terra portata dal vento?

La similitudine è grandissima, anzi, non sappiamo spiegare la esistenza delle due *Nix* fisse, e gli aspetti diversi di altre macchie bianche o

(1) L'ipotesi delle fratture e relative doline, può concordare anche collo *sdoppiamento dei canali* di Marte, perchè anche sulla Terra si hanno talvolta le grandi fratture accompagnate da altre parallele.

biancastre, *sempre* e *tutte* in regioni tropicali, che come conche salate; ciò che confermerebbe la loro forma rotonda.

Una relativa analogia dunque si ha, tra Marte e la Terra, ma quando questa era all'epoca secondaria. Riassumendo:

1.° Marte ha una fitta rete di fratture che interessano la sua crosta, e specialmente disposte intorno alla zona torrida, parte boreale, costituenti un reticolato quasi regolare.

2.° Lungo queste fratture sono avvenuti dei vicini e regolari sprofondamenti imbutiformi, identici alle « doline » terrestri, e che essendo così allineati hanno fatto credere alla esistenza di linee continue scure, che furono dette *canali*.

3.° Il colore verde azzurrognolo di molte oasi e dei canali, è dovuto a vegetazioni; *forse* quello più scuro di alcune regioni sta ad indicare che là vi è realmente dell'acqua. Le regioni ocracee o desertiche sono sterili, e formate di depositi sedimentari, cioè arenarie o calcari; le macchie bianche sono bacini salati.

4.° Su Marte non vi sono vulcani, nè montagne elevate, nè grandi profondità di mare; ma l'acqua è ridotta ad una quantità assai limitata.

5.° Il pianeta non è *vecchio*, perchè compie ancora molte rotazioni, durante il periodo di rivoluzione, ed ha il piano equatoriale sensibilmente inclinato su quello dell'orbita. Avendo così poca

acqua, e quindi essendo privo di maree sensibili, non si vede come possa su di esso esercitarsi l'azione di freno, che avrebbe portato gli altri pianeti a perdere il loro potere rotatorio, ed a disporsi coll'asse polare normale al piano dell'orbita.

La quantità di acqua, che ancora possiede il pianeta, non è detto che debba consumarsi sensibilmente. La crosta è fissurata, è vero, ma non vi sono manifestazioni di energia endogena che stieno a dimostrare che l'acqua è elaborata e scomposta per dare ossidazioni e conseguenti emanazioni dell'idrogeno residuale.

Inoltre, l'evoluzione della materia cosmica nucleare è forse già completa, o quasi. Infatti, la densità media è ridotta a 3,92; quella di Mercurio, pianeta già morto, è di 3,65 e quella della Luna 3,38. Poco mancherebbe a Marte per raggiungerne la densità, che è la minima conosciuta fra i pianeti consolidati.

Se il poco di acqua che è sopra Marte, deve esser consumato per l'ulteriore trasformazione e diminuire fino al limite la sua durata (ossia farlo ancora più rigonfiare e screpolare) poco tempo ha ancora di vita, il pianeta; ma se il consumo si è arrestato, o quasi, allora la vita di Marte nelle attuali condizioni, avrà ancora lunga durata.

L'evoluzione si compie qui senza troppo violenti manifestazioni; evidentemente la crosta forma

tranquillamente i suoi gusci di accrescimento dall'interno; per il rigonfiare che ne consegue, si accentuano gli allineamenti di frattura (e quindi le linee chiamate *canali*); il fenomeno prodotto artificialmente da varii scienziati col gonfiamento, si ripeterebbe qui in grande e nel vero. Resta a provare come si concilierebbero i fatti colle idee del Lowell sulla « morte dei pianeti ».

O, continuando a rigonfiare all'equatore, avverrà per Marte ciò che avvenne per la Terra, dopo il principio dell'eocene, cioè uno spostamento dei poli di rotazione e susseguente sconvolgimento generale?

Appendice al Capitolo V.

Se quelli che così si chiamano, fossero veramente *canali*, si potrebbe anche tentare di calcolare la pendenza che devono avere.

La formola di Darcy e Bazin, per il movimento dell'acqua nei canali, ci dà:

$$\frac{R\,i}{v^2} = \alpha + \frac{\beta}{R}$$

dove:

R è il raggio medio della sezione della vena acquea che scorre nel canale, ossia l'area della sezione, divisa per il perimetro bagnato;

i è la pendenza del fondo;

v è la velocità;

α e β sono due coefficienti variabili secondo la natura del fondo e delle pareti.

I canali di Marte sono molto larghi (almeno 1400 metri, dice il Lowell). L'acqua non è molto abbondante, e dato che si tratti veramente di *acqua che scorre in canali,* per fissare le idee e semplificare dei calcoli che riteniamo inutili, mettiamo che raggiunga l'altezza di 1 metro.

Per così grandi larghezze, il perimetro bagnato differisce di poco dalla larghezza media, e quindi il raggio medio della sezione R, diventa eguale all'altezza dell'acqua.

Così abbiamo:

$$R = 1 \text{ metro.}$$

D' altro canto, abbiamo veduto che l' acqua *scende*, secondo Lowell, da 72° di latitudine, all'equatore, e anche oltre, per 4240 chilometri di distanza misurata lungo un meridiano, con una velocità di 3500 metri all'ora, ossia di 1 metro al 1''.

Veramente, nessun canale di Marte va direttamente lungo un meridiano, dalle regioni polari all'equatore; i canali convergono in gangli, da cui si diramano in diverse direzioni le acque provenienti dalle latitudini più alte, per andare alle regioni più assetate. Il percorso è dunque

molto più lungo, ma per semplicità di calcolo, prendiamo ancora:

$$v = 1.$$

Sostituendo questi valori di R e di v, nella formula troviamo:

$$i = \alpha + \beta.$$

Abbiamo:
per canali in terra:

$$\alpha = 0{,}00028 \qquad \beta = 0{,}00035$$

per canali in ghiaia:

$$\alpha = 0{,}0004 \qquad \beta = 0{,}0007$$

Non possiamo credere che gli abitatori di Marte, dopo fatto il lavoro miracoloso dei canali, ne abbiano anche rivestito le sponde ed il fondo di tavole o di pietra liscia, per diminuire le resistenze. D'altra parte, ammettiamo che non vi sieno piante acquatiche, che tali resistenze aumenterebbero di molto, perchè la scarsità di acqua, dominante, non permetterebbe il loro grande sviluppo.

Riteniamo quindi giusto non considerare che i due casi sopra indicati, cioè che i canali possano essere in terreno argilloso o in terreno ghiaioso.

La velocità di un metro, non ammetterebbe sponde sabbiose o molto erodibili.

Per i due casi, si trova rispettivamente:

$$i = 0{,}00063$$

$$i = 0{,}0011.$$

Per una lunghezza di 4240 chilometri, occorrerebbe già un dislivello di:

2670 metri circa, nel primo caso, e di
4465 » » » secondo.

Dato poi che il deflusso non avviene in linea retta, ma secondo linee spezzate, con confluenze e diramazioni, il percorso è molto maggiore, e la velocità dovrebbe esser più forte, quindi alquanto più forte il dislivello fra l'origine dei canali ed il loro sbocco nelle regioni equatoriali.

E questo anche ammettendo lo stato di equilibrio idrostatico dell'acqua sul pianeta, e che tutto si svolga come sulla Terra, quanto all'accelerazione della gravità, proporzionato tutto al valore che questa ha su Marte.

L'acqua scorrente nei canali non può risentire la diminuzione della forza di gravità, causata dalla forza centrifuga, come la risente un mare, e così disporsi spontaneamente a distanze sempre maggiori dal centro del pianeta, come avviene se

scorre lungo un meridiano, dal polo, verso l'equatore. È vero però che, relativamente, il valore della forza centrifuga è maggiore sulla superficie di Marte che su quella terrestre.

Tale valore è dato, per la massa di valore *uno*, dalla formula;

$$c = \frac{v^2}{r}$$

dove:

v è la velocità del corpo;

r è la distanza dal centro di rotazione, ossia il raggio del circolo percorso.

Se g è il valore della gravità, i numeri medi sono:

per la Terra:

$v = 464$ metri, $r = 6\,366\,000$ metri (in cifra tonda) $g = 9{,}81$;

per Marte:

$v = 239$ metri, $r = 3\,400\,000$ metri (in cifra tonda) $g = 3{,}63$.

Il valore della forza centrifuga diventa:

per la Terra:

$$0{,}034$$

per Marte:

$$0{,}017$$

cioè, rispetto al valore dell'accelerazione della

gravità, quello della forza centrifuga è più forte su Marte che sulla Terra.

Portando sulla superficie di Marte un pezzo di materia del peso di 1 chilo (misurato sulla Terra), il valore della forza centrifuga da esso risentito sarebbe *1,35* rispetto a quello che risente sulla Terra.

CAPITOLO VI.

GIOVE, SATURNO, URANO, NETTUNO

Giove ha una massa che è 318 volte ed un volume che è 1390 volte, quelli della Terra.

Ruota intorno al suo asse in 9 ore, 50′ e quindi un punto del suo equatore porcorre in 1″ circa 12,300 metri, con una velocità angolare più che doppia di quella della Terra.

Il suo schiacciamento è di $^{1}/_{15,5}$.

Il suo splendore (albedo) ossia coefficiente di riflessione, della luce, è di 0,75, ossia superiore a quello delle nubi. Questo suggerisce la idea che abbia una luce propria.

Del resto, tutto il pianeta non è egualmente brillante. Vi è una fascia scura nell'emisfero boreale ed una nell'australe, ma tutte due prossime all'equatore, con brandelli scuri che le riuniscono, quà e là, attraverso questo.

Queste fascie hanno un color rosso scuro, si-

mile a quello delle calotte. Non hanno sempre la stessa intonazione di colore, nè la stessa larghezza; anzi pare che, mentre una diminuisce di intensità e di importanza, l'altra ne acquisti in compenso.

Le due ruotano, ma con velocità differenti.

La densità del pianeta è di 1,33 (0,235 di quella della Terra), esso è dunque costituito di un materiale poco più denso dell'acqua e meno di quello che costituisce il Sole e, ad onta della grande massa, dato anche il forte diametro, la gravità alla superficie non ha che il valore di 2,581 (medio s'intende) rispetto a quello della Terra.

Dotato di 8 satelliti, con un grosso pianeta che gli è, relativamente, vicino, certo le maree devono esser sensibilissime su quel globo di materia poco densa, e la cui rigidità non è certamente forte. Di quì la irregolarità dei movimenti alla superficie, e la discrepanza di velocità, fra le zone scure delle parti tropicali di Giove. Oltre all' azione irregolare esercitata dagli 8 satelliti, è poi certamente irregolarissima ed a lontani periodi, intensa o debolissima, quella di Saturno. Il Sole, a quella grande distanza, ha probabilmente una azione minima. In totale però, è naturale che la superficie del pianeta sia tormentato da maree sensibili e perturbatrici in modo cospicuo, del suo equilibrio; si tratta di un vero rimaneggiamento che deve turbare l' assetto che tende a prendere il pianeta.

Il pianeta non sarebbe più giovane, secondo le idee del Lowell; poichè, ha l'asse polare inclinato di 87° sul piano della sua orbita. Ma invece si presenta con un colore, una luce ed una velocità di rotazione, che starebbe ad indicare che è ancora all'inizio della sua vita planetaria. Difficilmente se ne può fare una descrizione planetologica, per analogia colla Terra, come si è potuto fare per Venere, Marte e la Luna.

L'unica cosa che ci pare importante a segnalare, è la importanza che deve avere su questo pianeta il fenomeno di marea, col quale si possono spiegare molte delle sue caratteristiche speciali.

Saturno è inferiore in massa ed in volume, che sono, rispettivamente, circa 90 volte e 693 volte, quelli della Terra.

Ruota intorno a se stesso in ore 10, 29′ 27″, ed un punto della circonferenza equatoriale percorre 10,412 metri in 1″, con velocità angolare ben più che doppia di quella terrestre e superiore a quella di Giove.

La densità è solamente 0,72 (0,129 di quella della Terra) ossia inferiore a quella dell' acqua e così lo schiacciamento ai poli arriva ad essere $^1/_{10}$ del raggio medio.

L'albedo è di 0,78, cioè ancora maggiore di quello di Giove.

La sua maggiore specialità, oltre a quella di avere 10 satelliti, è di avere due anelli concentrici che lo cingono a non grande distanza forse tre, attraverso i quali passano i satelliti più vicini. Essi sono di materia molto tenue e speciali fenomeni di urti e di deformazioni devono avvenire in queste agglomeramenti di materia cosmica.

Anche Saturno ha le sue fascie, simili a quelle di Giove, e come questo ha colore rosso ciriegia, non rosso vivo.

Delle maree si hanno certamente sulla sua superficie, causate dai satelliti specialmente, e da Giove.

Urano con uno schiacciamento di $^1/_{11}$ e una densità di 1,22, e *Nettuno*, di cui si conosce solo la massa e quindi la densità di 1,39, sono delle vere palle di vapori e si conosce di essi meno ancora dei due precedenti. Si sa che il primo ha il suo piano equatoriale inclinato di 98° su quello dell' Orbita, e quindi si può dire che *rotola* su questo, e che invece quella inclinazione per Nettuno, è 145° e che il suo movimento di rotazione è retrogrado, ossia si compie in senso inverso di quello che si ha per gli altri pianeti.

Non possiamo considerare questi pianeti come nebulose, in via di concentrazione, perchè l'analisi spettrale della luce che emanano manifesta l'esistenza di corpi semplici già individuati, e,

meno che uno, sconosciuto, in Urano, compresi fra quelli che noi conosciamo sulla Terra. Lo spettro della luce delle nebulose, come sappiamo è invece molto semplice, come se i corpi semplici non vi si fossero ancora individuati per polimerizzazione degli atomi della materia unica.

Il valore della gravità è su Giove, come abbiamo detto, maggiore che sulla Terra (2,581); ma in Urano e Nettuno, con masse che sono rispettivamente 4311 e 4598 volte quello della Terra, la gravità è solo 0,883 sul primo, e 0,953 sul secondo.

Come sulla Terra, nè l'idrogeno, nè l'elio, allo stato libero possono rimanere alla loro superficie. Dovrebbero di molto ristringersi, perchè ciò fosse possibile. Se devono passare per gli stati che già furono attraversati dalla Terra, dovrebbero prendere delle densità di circa 6, e poi, poco a poco *foisonner* come essa, per ritornare se arrivassero alle condizioni di Mercurio o di Marte, a densità di 3,65 circa.

Ma potrà ciò avvenire? Una certa analogia ed uniformità abbiamo trovato fra i pianeti minori, specialmente per quanto riguarda le acque e le fratture della crosta, ma erano già manifeste delle discrepanze nella costituzione, nella densità, e nel modo come ci è svolta la vita, e come è avvenuta la estinzione, e avviene l'avviamento a questa, del pianeta.

Nei pianeti maggiori vi è una certa somiglianza di stato nella materia costituente; ma anche quì, grandi differenze di densità, e sopratutto nessuna legge nella distribuzione della quantità e densità della materia, a seconda della distanza dal Sole.

Seguendo la teoria di Laplace, il più lontano pianeta (Nettuno) sarebbe il primo abbandonato dal sole, e sarebbe quello che dovrebbe esser *estinto* pel primo, ossia trovarsi alle condizioni di Mercurio; invece esso è meno evoluto, nella sua vita planetaria, di Giove, che si dovrebbe esser distaccato tanto tempo dopo.

Lo stesso si può dire di Urano.

Dobbiamo cercare nelle nuove teorie sulla Cosmogonia, la spiegazione di questo fatto, ed ammettere che i pianeti sono corpi che furono catturati dal Sole, che li ha incontrati nel suo cammino traverso gli spazi e li ha attratti colla sua grande massa?

Rimarrebbe sempre strano il fatto che le più grandi masse sieno state attratte, ossia catturate così da lontano, mentre le più piccole sono state prese da più tempo, e più prossime.

Certo è che da quello che sappiamo, sarebbe assurdo predire quello che sarà dei quattro grandi pianeti solari, quali saranno gli stati traverso cui passeranno, e le trasformazioni della materia che li costituisce.

I loro satelliti hanno subìto le sorti della Luna, e come questa volgono sempre la stessa faccia al pianeta da cui dipendono. Uno in Giove, ed uno in Urano, girano in senso inverso a quello che seguono tutti gli altri pianeti e satelliti, ossia da sinistra a destra, come anche fa Nettuno rispetto al Sole.

Ci troviamo davanti a fatti così diversi da quelli che caratterizzano i 4 pianeti più vicini al Sole, che non possiamo davvero osare a fare delle comparazioni fra i 4 grandi pianeti e ciò che furono i 4 più piccoli, fra i quali, più o meno è possibile stabilire certe analogie.

Del pianeta intermedio fra Marte e Giove, è rappresentato dagli asteroidi, nulla si può dire, meno che questi sembrano assolutamente solidi.

CAPITOLO VII.

LA LUNA

La luna ha un raggio di 1738 chilometri ossia. rispetto a quello della Terra preso come unità, di 0,2725; così la sua superficie è di 0,074 ed il suo volume di 0,020 rispetto a quelli terrestri presi come unità.

La densità della Luna è di 3,38, molto minore di quella della Terra, e cioè 0,615 di questa, talchè la sua massa è 0,01235 della terrestre.

Sulla superficie della Luna che noi vediamo, non vi è nè acqua nè aria. Ma, come è noto, noi vediamo solamente una faccia della Luna perchè la rotazione di questo nostro satellite, intorno al suo asse polare, si compie esattamente nello stesso tempo in cui esso compie una rivoluzione intorno alla Terra. Vi è dunque chi suppone che sull' altra faccia della Luna vi sia dell' acqua, benchè questa, dato lo stato di algidità del pianeta

nostro, dicono, dovrebbe trovarsi allo stato di ghiaccio (1).

Però la Luna non deve sempre essere stata priva di acqua. A parte le testimonianze della presenza dell'acqua alla sua superficie, che si possono avere dall'esame telescopico della superficie lunare, il fatto della eguaglianza della rivoluzione siderale colla durata della rotazione diurna starebbe a dimostrare la esistenza, in passato, delle maree sulla Luna.

Supponiamo che un astro A giri intorno a sè stesso e sia ricoperto in modo uniforme da un liquido.

Che in B sia un altro corpo che esercita un'attrazione sul primo.

Il liquido distribuito sopra A risente fortemente tale attrazione ed il corpo sferico $a\,b\,c\,d$, diventa un'ellissoide $a'\,b'\,c'\,d'$, in cui $c\,c'$ è l'altezza di marea ed $a\,a'$ l'anti marea che a rigore, è un poco minore di $c\,c'$. Causa la viscosità dei liquidi, ossia di ogni liquido, la massima elevazione della marea non si produce quando il

(1) Una notte, nel deserto arabico, la luce cinerea della Luna apparve allo scrivente così intensa che in quella faccia del pianeta si potevano benissimo vedere numerosi punti brillanti che, certamente, rappresentavano le cime dei cratèri lunari da quella parte. Come abbiamo scritto (V. E. Cortese. *Boll. della Società Geografica Italiana.* 1 Febbraio 1912) meriterebbe il conto di fare osservazioni speciali in quel luogo, con buoni istrumenti, e forse se ne avrebbero importanti risultati per la maggior conoscenza della Luna.

corpo *B* è allo zenit, ma un poco in ritardo. L'attrazione di *B* su questo rigonfiamento non si produce più lungo la linea *A-B*; ma lungo una linea *B c'*, per cui si genera una componente della attrazione stessa, diretta lungo *c' c* tangente in *c'* ed opposta alla rotazione di *A*. Questa componente tende a rallentare il moto di *A*.

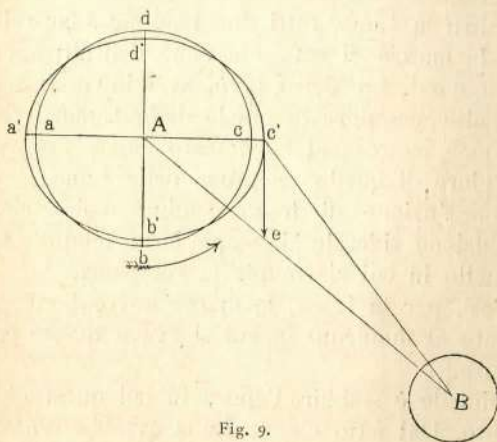



Fig. 9.

Contemporaneamente, la massa sollevata dal flusso di marea esercita un'azione, per quanto piccola essa sia, sul corpo *B*, in direzione *c' B*, e così si genera una componente centripeta, secondo *B-A* ed una tangenziale. Il corpo *B* per la variazione di forza centripeta e per il gene-

rarsi di una forza tangenziale tende ad allontanarsi da *A*, per trovare l'equilibrio, e quindi deve seguire una orbita più larga di quella che prima seguiva, prima cioè di risentire l'effetto della massa di flusso della marea che si generava su *A*. (Fig. 9).

Siccome lo stesso effetto si ha per il corpo *A* rispetto a *B*, ne abbiamo che se uno è la Terra e l'altro la Luna, tutti due tendono a far rallentare la marcia di rotazione, uno dell'altro, e ad allontanarsi. La Terra però, avendo una massa 81 volte maggiore di quella della Luna, il freno che essa metteva al movimento lunare era molto maggiore di quello reciproco della Luna.

Quest'azione di freno conduce a fare che la rivoluzione siderale si compie in un tempo eguale a quello in cui si compie la rotazione.

Così, per la Luna, le maree dovrebbero esser cessate al momento in cui si aveva questa eguaglianza.

Difficile è stabilire l'epoca in cui questo è avvenuto. Dal fatto che la Luna avrebbe una manifesta accelerazione di 12″ nella sua rivoluzione siderea, si dovrebbe arguire che essa aveva ancora dell'acqua, alla sua superficie, quando furono fatte le prime osservazioni esatte ed attendibili dagli astronomi cinesi, 3000 anni or sono.

Allora, avrebbe ancora funzionato la causa di rallentamento nel moto del satellite, che sarebbe

terminata da poco. In altri termini, l'ultima acqua che esisteva sulla Luna è sparita durante gli ultimi 30 secoli. Vi sarebbe grande analogia con Mercurio, il quale però presenta, nella sua rivoluzione intorno al Sole, una accelerazione di 25″, ossia molto maggiore di quella della Luna.

Rimane il fatto dell'allontanamento graduale che la Luna ha subìto e per il quale si dovrebbe dire che, in origine essa era vicinissima, anzi una semplice protuberanza di essa, che se ne è staccata per azione delle maree solari, combinate colla forza centrifuga. A quel momento, secondo G. H. Darwin, la rotazione della Terra si compiva in 5 ore e 36 minuti. Dopo la separazione, le due masse si sono allontanate e nel medesimo tempo si sono rallentati i movimenti di rotazione dei due pianeti, giungendo quello della Terra a richieder 23 ore e 56 minuti circa, e quello del satellite Luna giorni 27,32 (2 360 591″).

Lo stesso Darwin avrebbe stabilito i dati della posizione e del movimento reciproco della Terra e della Luna, nel modo seguente (1):

(1) G. H. Darwin *On the procession of a viscous spheroid and on the remote history of the Earth. (Phil. Tras.* Vol. CLXX, 1879). V. P. Puiseux, *La Terre et la Lune*, 1908.

	56 810 000 anni sono	56 800 000 anni sono	56 600 000 anni sono	46 300 000 anni sono	Ora
Giorno sidereo .	ore 6,45′	7,50′	9,55′	15,30′	23,56′
Rivoluzione siderea della Luna	giorni 1,58	3,59	8,17	18,62	27,32
Obliquità eclittica	14° 25′	15° 30′	17° 20′	20° 40′	23,28′
Distanza fra Terra e Luna in diametri terrestri	9,0	15,6	27,0	46,8	60,4

Se sulla Luna esistesse ancora del liquido, per effetto dell'equilibrio derivante dalla eguaglianza del periodo di rotazione con quello di rivoluzione, essa prenderebbe una forma ellissoidale, in causa dell' attrazione esercitata dalla Terra su quel liquido. Disgraziatamente, ogni vestigia di liquido è scomparso dal nostro satellite. Anche l'aria è sparita o si è riassorbita nel corpo del pianeta; secondo la teoria cinetica dei gaz, qualunque gaz sfuggirebbe alla Luna, sulla quale la forza di gravità è tanto minore di quella terrestre; ma noi non sappiamo se gli stessi coefficienti che noi applichiamo per i gas leggieri o pesanti che sieno, sulla Terra, valgano per un corpo in cui

è diversa la forza di gravità, la velocità di rotazione, la densità media (1).

In ogni modo, dall'esame telescopico della superficie della Luna, cioè dell'emisfero lunare che noi possiamo vedere, risulta che, per la massima parte essa è costituita da vulcani, i quali sono apparentissimi e ben chiari, e costituiscono la caratteristica della superficie lunare.

Queste montagne vulcaniche hanno delle altezze veramente sorprendenti, poichè ve n'ha che passano i 7600 metri di elevazione, il che corrisponderebbe, in proporzione del diametro, a montagne di 27,500 metri di altezza circa sulla Terra. Questa straordinaria attività vulcanica è dipesa dal fatto che la gravità sulla Luna è minore che sulla Terra e quindi a parità di forza espansiva dei gas interni, i materiali hanno potuto esser lanciati più lontano, o dall'altro fatto che la Luna ha consumato tutta la sua acqua nel modo che abbiamo considerato che la Terra stia consumando la sua, quindi è stato più violento e continuato il suo vulcanismo?

Tutte due le cause possono esser intervenute (2). Che acqua vi fosse sulla Luna, o almeno un liquido che ne faceva le veci, lo provano i palesi

---

(1) Il valore della gravità alla superficie della Luna è eguale a 0,16 di quello della Terra.

(2) *S. Arrhenius. Das Schicksal der planeten*: Leipzig: 1911. Ascrive tutto al minor valore della gravità sulla Luna.

terrazzi che si riscontrano nei mari lunari, e che sono linee ben nette che dimostrano il ritiro delle acque, a periodi, inframezzati da periodi di sosta, durante i quali si sono terrazzate le coste. Questo non altrimenti di quello che si avvera e si è avverato sulla Terra. (Vedi: Sollevamenti di Spiaggie e di Coste e loro cause. E. Cortese 1909).

Di massa minore della Terra, la Luna ha vissuto una vita più breve e più accelerata. Essa non ha avuto periodi geologici lunghi, ma si è direttamente esaurita in attività endogena senza svilupparne altra superficiale.

Non mancano prove di spaccature che, attraversando e irradiando da grandi cratèri, riproducono la forma e l'andatura delle fratture geologiche che abbiamo descritte per la Terra, in un precedente capitolo. Certo vi è chi ha creduto riconoscere sulla Luna delle fratture con o senza spostamenti (1).

La Luna rappresenterebbe dunque ciò che diverrà la Terra, quando la sua acqua sarà esaurita? In parte sì, crediamo noi, salvo le formazioni geologiche sedimentarie, che sulla Luna non abbiamo potuto riconoscere ancora, e che, in ogni modo, non devono occupare un grande posto nella storia e nella costituzione del pianeta. Tut-

(1) Dott. Federico Sacco. *Essai Schématique de Sélénologie*. Librairie de l'Académie des Sciences, Turin, 1907.

tavia esse potrebbero essere in massima parte obliterate dalla soprastruttura vulcanica, che le ha ricoperte, ma esistere.

Ve ne devono essere sul fondo di quelle depressioni che si chiamano i mari lunari, e che sono ora mari senz' acqua.

La materia che costituì la Luna era identica a quella che costituì la Terra; è artificiosa e poco ponderata la ipotesi che essa sia stata formata coi materiali esterni della Terra, e quindi più leggieri. Al momento in cui essa si distaccava dalla Terra, questa non aveva ancora cominciato a farsi una crosta, e rimarrebbe sempre a spiegare come i materiali esterni della Terra, che hanno (secondo alcuni) formato la sua prima crosta di roccie massiccie, che non arrivano ad una densità di 3, potrebbero aver costituito un corpo che ha già, in media la densità di 3,38.

Sarebbe dunque più razionale di pensare che, come la Terra, la Luna aveva una densità molto maggiore e che, mano a mano, individuandosi i così detti corpi semplici ed i loro composti, costituenti le roccie ordinarie, la materia che formava la Luna, si è mano a mano trasformata in roccie, parte di primitiva formazione, parte vulcaniche, e in piccola parte sedimentarie, tutte di densità molto minore di quella iniziale. Il pianeta è aumentato di volume fino a che, cessata ogni vita, diremo geologica in esso, consumata l' ac-

qua e quindi spenti i grandiosi vulcani, esso è rimasto un corpo inerte, che ci dà l'idea suggestiva di quello che la Terra diverrà a suo tempo.

Le poche figure che diamo qui, della superficie lunare, tolte da fotografie fatte all'Osservatorio di Parigi (P. Puiseux, Loewy e Puiseux) mentre mostrano alcuni dei crateri principali della Luna, sono specialmente interessanti, perchè mostrano i terrazzi littoranei dei mari del nostro satellite. Le tre figure rappresentano, rispettivamente: il mare Crisium, il mare Imbrium, il mare Humorum (fig. 10, 11 e 12).

In modo simile si vedrebbero dalla Luna alcune coste di mare terrestri, se la Terra rimanesse priva di acqua e di aria, e fin da ora, per esempio, le coste occidentali della Calabria e in generale quelle del Mediterraneo.

Nata, si può dire, dalla Terra, la Luna ha vissuto più rapidamente, e si è consunta con una attività endogena più grande o, relativamente, più lunga. Come un essere piccolo, malaticcio, febbricitante, vive male e si consuma presto, mentre il padre, più robusto e più grosso ha vita più lunga e meno febbrile. Come è naturale, del resto, è però la Luna che, di tutti gli altri pianeti, mostra maggiore analogia colla Terra nella sua costituzione e nella sua vita geologica (diciamo quì geologica per similitudine), salvo le differenze che già abbiamo accennate.

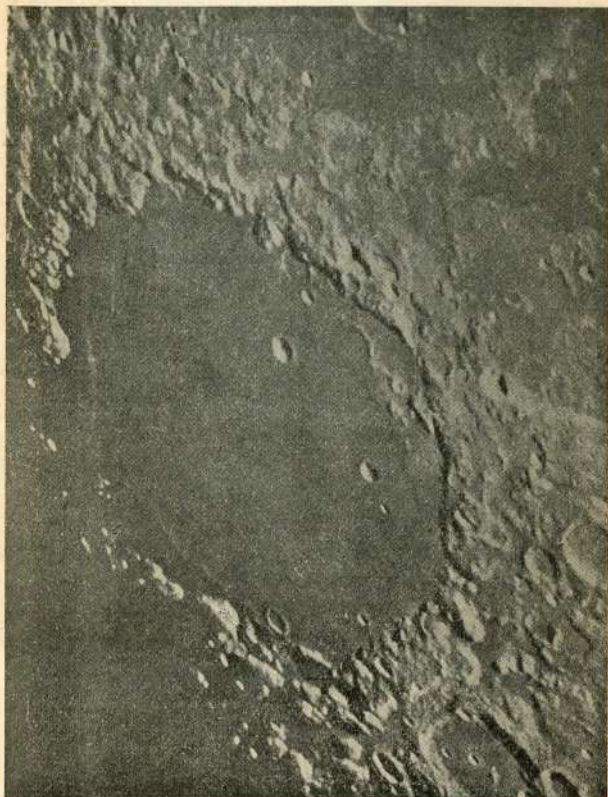



Fig. 10. — Mare Crisium.

Arrhènius (1) trova invece analogie fra la Luna e Marte, cosa che noi non vediamo, dato che la Luna è irta di montagne vulcaniche, e Marte non

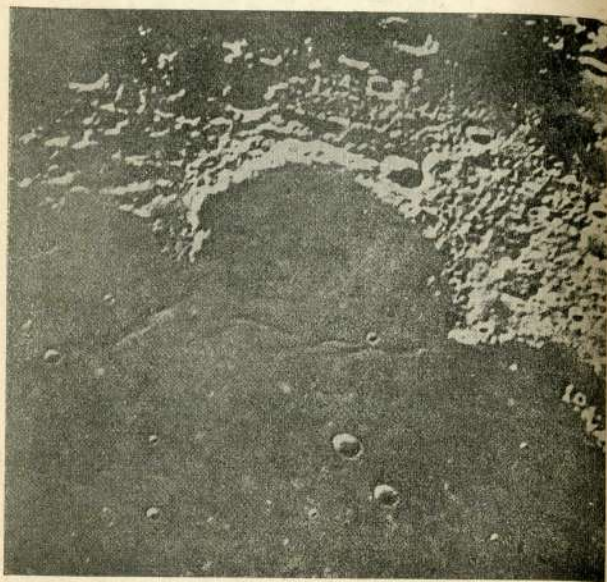



Fig. 11 — Mare Imbrium

presenta nè vulcani, nè montagne. Dice poi che il Mare Serenitas è verde, il Crisium verde scuro,

(1) l. c.

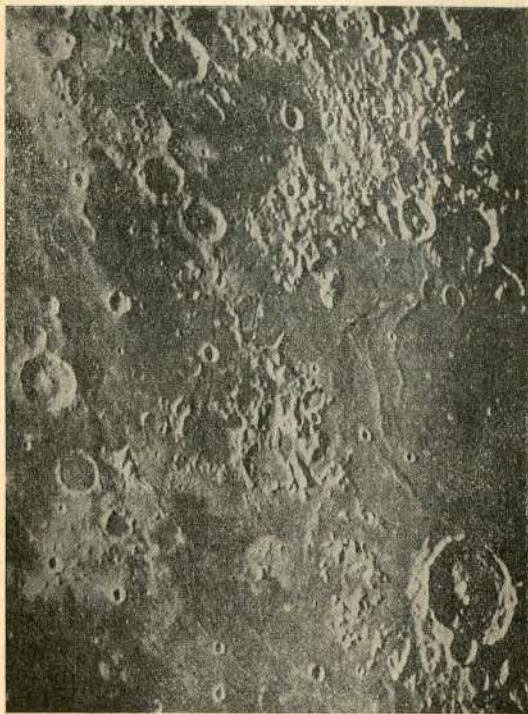



Fig. 12. — Mare Humorum.

l'Humorum egualmente ed il Frigoris verde giallastro, e ciò dipende perchè le polveri ferrugginose eruttate dai vulcani, sulla Luna caddero in

acqua, ed il ferro si è ridotto allo stato di protossido, da ciò il colore verdastro. Su Marte, invece, caddero su terre scoperte, asciutte, e passarono allo stato di massima ossidazione, e perciò divennero rossastre.

Per quanto abbiamo già detto, non dividiamo tali idee.

Fino quì, abbiamo espresso le idee e le teorie le più semplici, riguardanti la Luna, e le più comunemente accettate, finora.

Ma, altri, per esempio lo Schwarz (1) viene a dirci che sulla Luna furono bensì delle lave fuse, ma non provenienti dai vulcani, bensì da diretta fusione delle roccie lunari, portata dal calore sviluppato negli urti di meteoriti che cadevano sulla superficie del pianeta.

Come lo diciamo in altre parti di questo scritto, per lui, questo grandinare di frammenti di corpi vaganti nello spazio, sopra stelle e pianeti, sono la causa del calore solare, dello stato di fluidità di certi pianeti, e via dicendo.

La sede di questi bacini di lave fuse, erano le depressioni lunari, che vengono impropriamente chiamati « mari ». Egli, come gli altri, non hanno dato peso, o non hanno osservato, le traccie di veri terrazzi, lungo le coste dei mari lunari; ter-

(1) Schwarz, *E. H. L. Causal Geology:* 1910 (Blackie and Sond) 50 Old Baibey London E. C.

razzi chiarissimi e che provano che sulla Luna furono delle vaste distese di acque. Rimarca che si hanno invece dei terrazzi entro ai crateri, mentre non si vedono correnti di lava sortire dai crateri stessi.

Non ha tenuto conto che in tutti i vulcani, che arrivano allo stato di solfatare, e che emettono solo delle ceneri, il cratere si dispone sempre internamente in forma di imbuto con uno o due ripiani circolari, simili a terrazzi, che rappresentano la disposizione naturale dei materiali tenui, che cadrebbero lungo la parte interna dell'imbuto, per gravità, e che vengono respinti in alto dal soffio dei gas che escono dal fondo, e quindi si dispongono nella posizione di equilibrio, lungo l'imbuto, ivi si conglutinano e cementano, e restano fermi, formando un ribordo, che pare un terrazzo circolare.

Se il vulcano ha avuto, prima di spegnersi del tutto, due o tre periodi successivi, di sempre minore intensità di emanazione di gas interni, vi possiamo riscontrare altrettanti terrazzi, più o meno regolari e completi, nell'imbuto interno.

Oltre alla teoria dello Schwarz, ne presenta una anche più diversa delle nostre idee, il See (1) di cui abbiamo fatto cenno nella parte riguardante la cosmogonia.

---

(1) T. J. I. See. *The new science of Cosmogony. Scientia*, 1-1-1912, Bologna, Zanichelli.

Egli accetta integralmente l'idea che i pianeti erano corpi esistenti che furono catturati dal Sole, ed i satelliti erano corpi vaganti che furono catturati, al passaggio, dai pianeti.

La Terra ebbe la scarsa fortuna di accaparrarsene uno solo, e questo anche molto avariato perchè tutto pieno di ammaccature causate dall'urto con altri corpi vaganti. E le ammaccature sono quelle che noi, ingenuamente chiamiamo crateri della Luna!

A prova di questo, il See cita varie caratteristiche di questi crateri lunari, che sono appunto le caratteristiche di tutti i crateri vulcanici. Così dice che se ne trovano di piccoli sul manto esterno di una ammaccatura (per noi cratere) più grande, non sapendo, bisogna dire, che più un vulcano è vecchio, e crateri avventizi o accessori esterni ha. Basta guardare l'Etna, neanche sul posto, ma su una semplice carta topografica.

Curiosi poi questi corpi, di urto così potente, che creavano sulla superficie della Luna delle buche imbutiformi, relativamente piccole di diametro. Rimanevano ingoiati nella voragine che avevano prodotta, o si ritiravano come la subbia dello scarpellino, dopo aver fatto l'intacca nella pietra?

Noi ci permettiamo di dissentire da tutte queste teorie nuove, o di pioggie di meteoriti, o corpi celesti vaganti, capaci di urtare tanto violentemente un pianeta, da rimetterne le roccie in

fusione, col calore generato dall'urto, o di ammaccarne profondamente la superficie. E neanche siamo convinti della idea che lo spazio sia pieno di corpi vaganti, di cui ogni tanto si impossessa un sole o un grosso pianeta, per aggiogarli al loro trionfale corteo.

Da modesti geologi, basandoci solo sulle osservazioni, su quello che ci colpisce per la similitudine delle cause, degli effetti e dei fatti che si ripetono in natura, troviamo che le specialità planetologiche della Luna si spiegano benissimo, coll'analogia che esse hanno con quelle della Terra, il pianeta ad essa più vicino e quindi, razionalmente, più simile. La Luna è un insieme di Campi Flegrei, ha dei bacini marittimi, colle coste terrazzate, come sono i mari terrestri e prendiamo ad esempio anche lo stesso Tirreno, prossimo ai Campi Flegrei.

Nella Luna quei mari sono vuoti d'acqua è vero; sulla Luna non vi è neanche più aria. E che perciò? basta questo a renderla tanto dissimile dalla Terra?

No certo. Fra un certo numero di secoli, enorme per la nostra limitata concezione del tempo, minimo rispetto alla vita dell'universo, anche la Terra cadrà allo stato della Luna, o per lo meno di Mercurio e di Venere.

E allora, la similitudine colla Luna sarà più grande, per non dire completa.